

Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava

Fakulta stavební

Katedra stavební mechaniky

Dřevěná lávka

Timber Footbridge

Študent:

Bc. Viktor Konštiak

Vedúci bakalárskej práce:

doc. Ing. Antonín Lokaj, Ph.D.

Ostrava 2018

# Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Viktor Konštiak**  
Studijní program: N3607 Stavební inženýrství  
Studijní obor: 3607T037 Konstrukce staveb  
Téma: **Dřevěná lávka  
Timber Footbridge**  
Jazyk vypracování: slovenština

## Zásady pro vypracování:

V rámci diplomové práce vypracujte:

1. Proveďte rešerši historických i současných konstrukčních systémů dřevěných lávek.
2. Navrhněte tři varianty konstrukčního systému dřevěné lávky přes vodoteč o rozpětí min. 40 m.
3. Zvolte optimální variantu a zpracujte návrh rozhodujících nosných prvků a spojů (včetně ztužidel) v mezím stavu únosnosti i použitelnosti.
4. Zpracujte ve vhodném měřítku výkresovou dokumentaci pro stavební řízení (půdorys, řezy, pohledy, detaily)
5. Navrhněte možný způsob založení lávky.
6. Navrhněte vhodný způsob montáže lávky.

## Seznam doporučené odborné literatury:

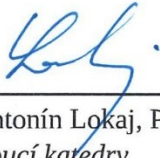
- 1) ČSN EN 1995-1-1: Eurokód 5: Navrhování dřevěných konstrukcí. Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby.
- 2) ČSN EN 1995-2: Eurokód 5: Navrhování dřevěných konstrukcí. Část 2: Mosty
- 3) Blass, H. J. a kol.: Dřevěné konstrukce podle EUROKÓDU 5. STEP 1. Navrhování a konstrukční materiály. Vydal Koželouh, B. – KODR Zlín, 1998.
- 4) Blass, H. J. a kol.: Dřevěné konstrukce podle EUROKÓDU 5. STEP 2. Navrhování detailů a nosných systémů. Vydal Informační centrum ČKAIT, 2004.
- 4) Natterer, J. O. et al., Holzbau Atlas, Birkhauser – Verlag für Architektur, 2003, Basel, Schweiz, ISBN 3-7643-6984-1
- 5) Gerold, M., Holzbrücken am Weg, Bruderverlag, Karlsruhe, 2001.
- 6) Mucha, A., Holzbrücken. Bauverlag, Wiesbaden, 1995.
- 7) Příručka 1 a 2, <http://fast10.vsb.cz/temtis/cz>, 2008.
- 8) Dřevostavby a dřevěné konstrukce I. a II. díl, CERM Akademické nakladatelství Brno, 2010.

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

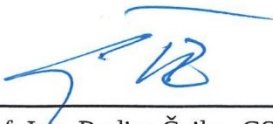
Vedoucí diplomové práce: **doc. Ing. Antonín Lokaj, Ph.D.**

Datum zadání: 28.02.2018

Datum odevzdání: 30.11.2018

  
doc. Ing. Antonín Lokaj, Ph.D.  
vedoucí katedry



  
prof. Ing. Radim Čajka, CSc.  
děkan fakulty

## **Prehlásenie študenta**

Prehlasujem, že som celú diplomovú prácu vrátane príloh vypracoval samostatne pod vedením vedúceho diplomovej práce a uviedol som všetky použité podklady a literatúru.

V Ostrave 27.11.2018

.....

podpis študenta



## Prehlasujem, že

- som bol oboznámený s tým, že na moju diplomovú prácu sa vzťahuje zákon 121/2000 Zb. – autorský zákon, najmä § 35 – použitie diela v rámci občianskych a náboženských obradov, v rámci školských predstavení a použitie diela školského § 60 – školské dielo.
- beriem na vedomie, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (ďalej len VŠB – TUO) má právo neziskovo pre svoje vnútorné potreby diplomovej práce použiť (§ 35 odst.3).
- súhlasím s tým, že údaje o diplomovej práci budú zverejnené v informačnom systéme VŠB-TUO
- bolo dojednané, že s VŠB-TUO, v prípade záujmu z jej strany, uzatvorím licenčnú zmluvu s oprávnením použiť dielo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bolo dojednané, že použiť svoje dielo – diplomovú prácu alebo poskytnúť licenciu na jej použitie môžem len so súhlasom VŠB-TUO, ktorá je oprávnená v takom prípade od mňa požadovať primeraný príspevok na uhradenie nákladov, ktoré boli VŠB – TUO vynaložené (až do ich skutočnej výšky).
- beriem na vedomie, že odovzdaním svojej diplomovej práce súhlasím so zverejnením práce podľa zákona č.111/198 Zb., o vysokých školách a o zmene a doplnení ďalších zákonov (zákon o vysokých školách), v znení neskorších predpisov, bez ohľadu na výsledok jej obhajoby.

V Ostrave 27.11.2018

podpis študenta: .....

## **Pod'akovanie**

Ďakujem vedúcemu diplomovej práce doc. Ing. Antonín Lokaj, Ph.D. za vynikajúcu výpomoc pri vypracovaní predloženej diplomovej práce.

## **Anotácia**

KONŠTIAK, Viktor. Drevená lávka. Ostrava 2018. Diplomová práca. VŠB – Technická univerzita Ostrava, Vedúci diplomovej práce doc. Ing. Antonín Lokaj, Ph.D.

Cieľom Diplomovej práce je návrh a posúdenie drevenej lávky. Úvodná časť práce sa zaoberá historickými a súčasnými konštrukčnými systémami drevených lávok. Ďalšiu kapitolu tvorí návrh 3 alternatív drevených lávok cez vodný tok o rozpätí poľa 40 m. Pre alternatívu 1. a 2. bol vypracovaný návrh a posudok nosných prvkov v medznom stave únosnosti a použiteľnosti. Pre alternatívu 3. bol vypracovaný návrh a posudok nosných prvkov v medznom stave únosnosti, použiteľnosti a dynamické chovanie konštrukcie.

## **Kľúčové slová**

Drevená lávka, konštrukčný systém, nosný systém, lepené lamelové drevo, zaťaženie, vnútorné sily, návrh, posúdenie, odolnosť, spoj, svorník, ČSN EN.

## **Anotation**

KONŠTIAK, Viktor. Timber Footbridge. Ostrava 2018. Diploma Thesis. VŠB – Technická univerzita Ostrava, Supervisor doc. Ing. Antonín Lokaj, Ph.D.

The aim of the Diploma Thesis is the design and assessment of the timber footbridge. the introductory part of the thesis deals with the historical and current construction systems of timber footbridges. The next chapter is the design of 3 alternatives of timber footbridges over the watercourse, with a span of 40 m. For alternatives 1 and 2, the design and the assessment of the supporting elements in the ultimate limit state and serviceability limit state were elaborated. For alternative 3, design and assessment of the supporting elements the ultimate limit state and serviceability limit state and dynamic behavior of the structure were elaborated.

## **Key words**

Timber footbridge, construction system, bearing system, glued laminated wood, load, internal forces, design, assessment, resistance, joint, bolt, ČSN EN.

# Obsah

1.	Historické lávky .....	15
1.1	Starovek.....	15
1.2	Stredovek.....	16
1.3	Novovek .....	17
2.	Konštrukčné riešenia drevených lávok.....	19
2.1	Trámové lávky.....	19
2.2	Priehradové lávky.....	20
2.3	Oblúkové lávky .....	21
2.4	Visuté lávky .....	22
2.5	Zavesené lávky .....	23
2.6	Vešadlové lávky .....	24
2.7	Vzperadlové lávky.....	25
2.8	Vzpínadlové lávky.....	26
2.9	Drevené lávky v tvare reťazovky .....	27
2.10	Zdvíhacie lávky .....	28
3.	Typy mostoviek drevených lávok .....	29
3.1	Drevené mostovky.....	29
3.2	Spriahnuté drevo betónové mostovky .....	30
4.	Návrh drevených lávok .....	32
4.1	Umiestnenie konštrukcie .....	32
4.2	Výpočet návrhových odolnosti materiálu.....	33
4.2.1	Lepené lamelové drevo GL28h .....	33
4.2.2	Rastlé drevo C24 .....	34
4.2.3	Rastlé drevo D40.....	34
4.3	Alternatíva 1. – Oblúková lávka .....	35
4.3.1	Výpočet zaťaženia.....	36
4.3.2	Zaťažovacie stavy.....	41
4.3.3	Návrh a posudok prvkov .....	43
4.3.4	Stabilita .....	60
4.4	Alternatíva 2. - Zavesená lávka.....	61
4.4.1	Výpočet zaťaženia.....	62
4.4.2	Zaťažovacie stavy.....	66
4.4.3	Návrh a posudok prvkov .....	69
4.4.4	Stabilita .....	69
4.5	Alternatíva 3. – Priehradová lávka .....	84
5.	Výber optimálnej alternatívy.....	85
6.	Priehradová lávka.....	86

6.1	Zastrešenie a opláštenie konštrukcie .....	87
6.2	Výpočet zaťaženia.....	88
6.2.1	Stále zaťaženie: .....	88
6.2.2	Premenné zaťaženie .....	89
6.3	Zaťažovacie stavy .....	94
6.4	Návrh a posudok prvkov .....	97
6.4.1	Horný hlavný pás .....	98
6.4.2	Dolný hlavný pás.....	102
6.4.3	Diagonály .....	107
6.4.4	Rozpery .....	114
6.4.5	Horné stuženie.....	117
6.4.6	Priečniky.....	119
6.4.7	Dolné stuženie .....	124
6.4.8	Pozdĺžnik.....	125
6.4.9	Mostiny .....	128
6.4.10	Zábradlie.....	130
6.4.11	Zastrešenie.....	133
6.4.12	Portál .....	139
6.5	Návrh a posudok spojov .....	141
6.5.1	Detail 1 : Montážny spoj HP, spoj diagonál a rozpery .....	141
6.5.2	Detail 2 : Montážny spoj DP, spoj priečnik .....	154
6.5.3	Detail 3 : Spoj horný pás-krokva.....	164
6.6	Spôsob založenia lávky .....	166
6.7	Montáž lávky.....	168
6.8	Modálna analýza .....	169
6.8.1	Vlastné frekvencie a vlastné tvary kmitania.....	169
6.8.2	Zjednodušená metóda.....	171
7.	Záver .....	172
8.	Zoznam použitej literatúry .....	173
9.	Zoznam obrázkov, tabuliek, grafov.....	176
9.1	Zoznam obrázkov .....	176
9.2	Zoznam tabuliek.....	177
9.3	Zoznam grafov .....	177
10.	Zoznam príloh .....	177

## Zoznam použitých zkratiek a symbolov

- Písmená veľkej latinskej abecedy

$A$	plocha prierezu [ $\text{mm}^2$ ]
$A_{ef}$	účinná plocha prierezu [ $\text{mm}^2$ ]
$A_{ef, 90}$	účinná kontaktná plocha v tlaku kolmo k vláknam [ $\text{mm}^2$ ]
$A_{osl}$	oslabená plocha prierezu [ $\text{mm}^2$ ]
$A_p$	plocha podložky [ $\text{mm}^2$ ]
$A_v$	šmyková plocha prierezu [ $\text{mm}^2$ ]
$C_e$	súčiniteľ expozície [-]
$C_t$	tepelný súčiniteľ [-]
$D$	priemer tiahla [mm]
$E_{0,05}$	hodnota 5% kvantilu modulu pružnosti [MPa]
$F$	sila zaťaženia [kN]
$F_{b, Rd}$	návrhová únosnosť plechu a čapu v otláčení [kN]
$F_{v, Rk}$	charakteristická odolnosť spojovacieho prostriedku v strihu [kN]
$F_{v, Rd}$	návrhová únosnosť spojovacieho prostriedku v strihu [kN]
$G_{k, j}$	charakteristická hodnota j-tého stáleho zaťaženia [kN]
$I_y$	moment zotrvačnosti okolo osi y [ $\text{mm}^4$ ]
$I_z$	moment zotrvačnosti k osi z [ $\text{mm}^4$ ]
$LLD$	lepené lamelové drevo
$L_{cr, y}$	vzperná dĺžka pre vybočenie v rovine prvku [mm]
$L_{cr, z}$	vzperná dĺžka pre vybočenie z roviny prvku [mm]
$M_{Ed, y}$	návrhová hodnota ohybového momentu k osi y [kNm]
$M_{Ed, z}$	návrhová hodnota ohybového momentu k osi z [kNm]
$M_{pl, Rd, y}$	návrhová únosnosť v ohybe k osi z [kNm]
$M_{y, Rk}$	plastický moment únosnosti [Nmm]
$MSÚ$	medzný stav únosnosti
$MSP$	medzný stav použiteľnosti
$NC$	nelineárna kombinácia
$N_{Ed}$	návrhová normálová sila [kN]
$N_{t, Rd}$	únosnosť v ťahu oceľových plechov [kN]
$V_{Ed, y}$	návrhová hodnota posúvajúcej sily v smere osi y [kN]
$V_{Ed, z}$	návrhová hodnota posúvajúcej sily v smere osi z [kN]
$V_{pl, Rd}$	návrhová únosnosť v šmyku [kN]
$W_y$	prierezový modul k osi y [ $\text{mm}^3$ ]
$W_z$	prierezový modul k osi z [ $\text{mm}^3$ ]

$W_{pl, y}$	plastický prierezový modul k ose y [mm <sup>3</sup> ]
$W$	prierezový modul čapu [mm <sup>3</sup> ]
ZS	zaťažovací stav

- Písmená malej latinskej abecedy

$a$	Svetlá vzdialenosť medzi hornými pásmi [mm]
$a_1$	rozteč rovnobežne s vláknami medzi spojovacími prostriedkami [mm]
$a_2$	rozteč kolmo k vláknam medzi spojovacími prostriedkami [mm]
$a_{3, c}$	vzdialenosť spojovacieho prostriedku od nezaťaženého konca [mm]
$a_{3, t}$	vzdialenosť spojovacieho prostriedku od zaťaženého konca [mm]
$a_{4, c}$	vzdialenosť spojovacieho prostriedku od nezaťaženého okraja [mm]
$a_{4, t}$	vzdialenosť spojovacieho prostriedku od zaťaženého okraja [mm]
$b$	šírka prvku [mm]
$b_{ef}$	účinná šírka prierezu [mm]
$c_d$	súčiniteľ konštrukcie
$c_{dir}$	súčiniteľ smeru vetra
$c_{f, i}$	súčiniteľ sily
$c_s$	súčiniteľ konštrukcia
$c_{season}$	súčiniteľ ročného obdobia
$d$	priemer [mm]
$d_{ef}$	účinný priemer [mm]
$d_{tot}$	referenčná výška [m]
$f$	frekvencia [Hz]
$f_{h, k}$	charakteristická pevnosť v otláčení [MPa]
$f_k$	charakteristická hodnota pevnostné vlastnosti [MPa]
$f_d$	návrhová hodnota pevnostné vlastnosti [MPa]
$f_{m, k}$	charakteristická pevnosť v ohybe [MPa]
$f_{m, d}$	návrhová pevnosť v ohybe [MPa]
$f_{t, 0, k}$	charakteristická pevnosť v ťahu rovnobežne s vláknami [MPa]
$f_{t, 0, d}$	návrhová pevnosť v ťahu rovnobežne s vláknami [MPa]
$f_{c, 0, k}$	charakteristická pevnosť v tlaku rovnobežne s vláknami [MPa]
$f_{c, 0, d}$	návrhová pevnosť v tlaku rovnobežne s vláknami [MPa]
$f_{c, 90, k}$	charakteristická pevnosť v tlaku kolmo k vláknam [MPa]

$f_{c, 90, d}$	návrhová pevnosť v tlaku kolmo k vláknam [MPa]
$f_{v, k}$	charakteristická pevnosť v šmyku [MPa]
$f_{v, d}$	návrhová pevnosť v šmyku [MPa]
$f_u$	medza pevnosti [MPa]
$f_{u, k}$	charakteristická pevnosť v ťahu [MPa]
$f_y$	medza klzu ocele [MPa]
$g_{k, i}$	charakteristická hodnota stáleho zaťaženia [kN / m], [kN / m <sup>2</sup> ]
$h$	výška prvku [mm]
$i_y$	polomer zotrvačnosti k ose y [mm]
$i_z$	polomer zotrvačnosti k ose z [mm]
$k$	konštanta tuhosti [N / m]
$k_{cr}$	redukčný súčiniteľ
$k_{90}$	súčiniteľ zohľadňujúci usporiadanie zaťaženia, štiepenie, deformácia
$k_{def}$	súčiniteľ dotvarovanie
$k_m$	súčiniteľ zohľadňujúci redistribúciu ohybových napätí v priereze
$k_{mod}$	modifikačný súčiniteľ zohľadňujúci vplyv trvania zaťaženia a vlhkosti
$k_{c, y}, k_{c, z}$	súčiniteľ vzpernosti
$k_y, k_z$	súčiniteľ vzpernosti
$l$	dĺžka prvku [m]
$m$	celková hmotnosť lávky [kg]
$n$	počet spojovacích prostriedkov
$q_{Ed}$	návrhová hodnota premenného zaťaženia [kN / m <sup>2</sup> ]
$q_{k, i}$	charakteristická hodnota premenného zaťaženia [kN / m], [kN / m <sup>2</sup> ]
$s_{k, i}$	charakteristická hodnota zaťaženia snehom [kN / m <sup>2</sup> ]
$t$	hrúbka prvku [mm]
$u$	posun konštrukcie [mm]
$t_f$	hrúbka pásnice [mm]
$t_w$	hrúbka stojky [mm]
$v_{b, 0}$	predvolená základná rýchlosť vetra [m / s]
$w_{k, i}$	charakteristické hodnoty zaťaženia vetrom na konštrukciu [kN / m <sup>2</sup> ]
$w$	prieťah [mm]
$w_{inst}$	okamžitý prieťah [mm]
$w_{fin}$	konečný prieťah [mm]



$w_{inst,G,L}$	okamžitý prieťah od stálych zaťažení [mm]
$w_{inst,L}$	okamžitý prieťah od premenných zaťažení [mm]
$Z_0$	parameter drsnosti terénu
$Z_{min}$	minimálna výška [m]
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Písmená malej gréckej abecedy</li> </ul>	
$\alpha$	uhol medzi silou a smerom vlákien [°]
$\beta_c$	súčiniteľ priamosti
$\gamma_M$	dielči súčiniteľ vlastnosti materiálov
$\gamma_{M,0}$	súčiniteľ spoľahlivosti materiálu
$\gamma_{M,2}$	súčiniteľ spoľahlivosti materiálu
$\gamma_{G,j}$	dielči súčiniteľ j-tého stáleho zaťaženia
$\gamma_{Q,1}$	dielči súčiniteľ hlavného premenlivého zaťaženia
$\gamma_{Q,i}$	dielči súčiniteľ i-tého premenlivého zaťaženia
$\lambda_{ef}$	účinný štíhlostný pomer
$\lambda_y$	štíhlostný pomer odpovedajúci ohybu okolo osi y
$\lambda_z$	štíhlostný pomer odpovedajúci ohybu okolo osi z
$\lambda_{rel,m}$	pomerná štíhlosť v ohybe
$\lambda_{rel,y}$	pomerný štíhlostný pomer zodpovedajúcej ohybe okolo osi y
$\lambda_{rel,z}$	pomerný štíhlostný pomer zodpovedajúcej ohybu okolo osi z
$\lambda_1$	štíhlostný pomer driekov
$\mu$	tvarový súčiniteľ zaťaženia snehom
$\mu_i$	tvarový súčiniteľ zaťaženia naviatym snehom
$\rho_k$	charakteristická hustota [kg / m <sup>3</sup> ]
$\sigma_{m,y,d}$	návrhové napätie v ohybe k hlavnej osi y [MPa]
$\sigma_{m,z,d}$	návrhové napätie v ohybe k osi z [MPa]
$\sigma_{c,0,d}$	návrhové napätie v tlaku rovnobežne s vláknami [MPa]
$\sigma_{c,90,d}$	návrhové napätie v tlaku kolmo k vláknam v účinnej ploche [MPa]
$\sigma_{t,0,d}$	návrhové napätie v ťahu rovnobežne s vláknami [MPa]
$\tau_d$	návrhové napätie v šmyku [MPa]
$\psi_{i,j}$	súčiniteľ pre kombinačné hodnotu premenného zaťaženia
$\omega$	vlastná kruhová frekvencia [rad / s]

## Úvod

Vývoj ľudskej spoločnosti bol od počiatku spojený s rozvíjaním vzájomných stykov, ktoré vyžadovali vytváranie dočasných aj trvalých dopravných spojení. Človek bol nútený prekonávať rôzne prírodné prekážky a stal sa veľmi skoro staviteľom mostov. Lávka je most a zvyčajne sa tak označujú krátke i dlhé mosty určené iba pre peších alebo cyklistov. Vo všetkých týchto prípadoch sa využívajú lávky rôznych rozpätí, konštrukčných systémov a materiálov.

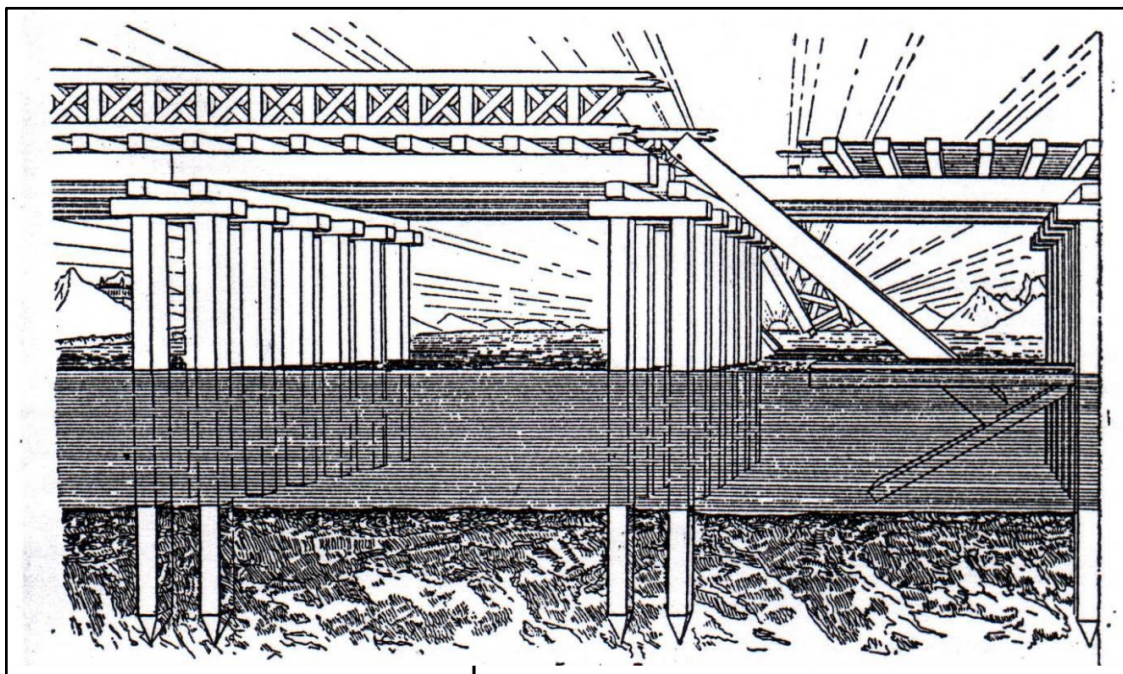
Drevo je organický, anizotropný materiál, ktorý pohlcuje vodu a vodné páry, ale hlavne materiál, ktorého fyzikálne a mechanické vlastnosti sa menia podľa smeru vlákien, v ktorom sú merané. Jedná sa o obnoviteľnú surovinu a životnosť drevenej konštrukcie dosahuje 150 rokov, pričom drevo potrebné pre konštrukciu rastie cca 70 rokov, tým pri rozumnom hospodárení vzniká nevyčerpatelná surovina. Keďže je drevo prírodným materiálom, vyznačuje sa rôznymi chybami alebo odchýlkami. Tie znižujú jeho kvalitu, vzhľadové, fyzikálne a mechanické vlastnosti. Chyby môžu vznikať procese rastu (hrče, trhliny, chyby v štruktúre dreva, a pod.), pri ťažbe a spracovaní dreva a prispôsobení biotických škodcov a abiotických činiteľov. Objemová hmotnosť dreva a jeho vlhkosť význame ovplyvňuje jeho vlastnosti. Bežne sa používa hustota v absolútne suchom stave a 12 % vlhkosť dreva.

Cieľom diplomovej práce je prehľad historických a súčasných konštrukčných systémov drevených lávok. Vytvorenie 3 alternatív konštrukčných systémov drevenej lávky pre rozpätie 40 m. Zhotovenie statickej a dynamickej analýzy, návrh a posudok hlavných nosných prvkov a spojov, zhotovenie vybranej projektovej dokumentácie. Pre výpočet vnútorných síl bol použitý software Scia engineer 18 [26]. Prevažujúcim materiálom je LLD, pevnostnej triedy GL28h.

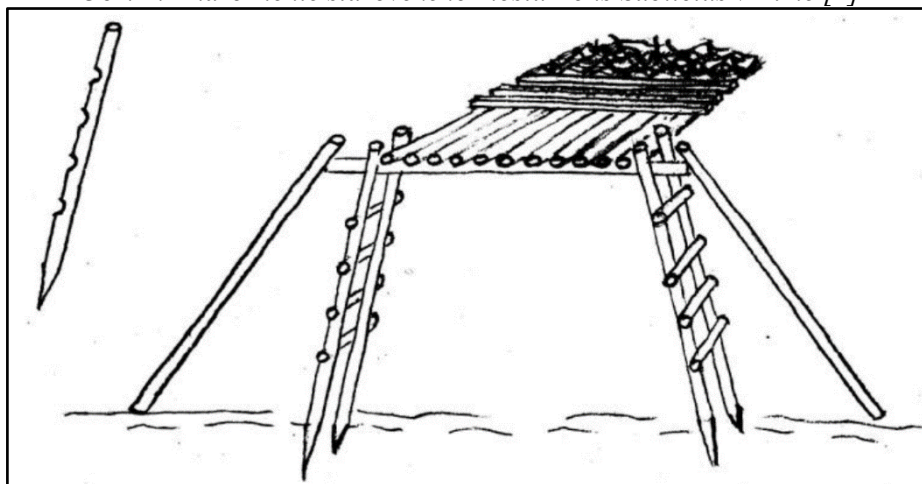
# 1. Historické lávky

## 1.1 Starovek

Mosty v Staroveku boli vyrábané z kmeňov stromov a z lán zpletených z prírodných vlákien, ale životnosť materiálu je obmedzená, a preto sa nezachovali žiadne drevené mosty z tohto obdobia. Podľa antických historikov bol najstarším dreveným barokovým mostom cez rieku Tiberu v Ríme s názvom Pons Sublicius (Obr.1). Bol zložený z drevených trámov, dosiek, kolíkov, bez železných spojovacích prostriedkov, čo umožňovalo jeho jednoduchú demontáciu. Zo starších drevených mostov (Obr.2), s podobnou konštrukciou, je most cez rieku Rýn, postavený Caesarom v galskej vojne r. 57 p.n.l., pričom jeho poloha nie je presne známa.



Obr. 1: Znáznornenie starovekého mostu Pons Sublicius v Ríme [1]



Obr. 2: Znáznornenie konštrukcie Caesarova mostu cez rieku Rýn [2]

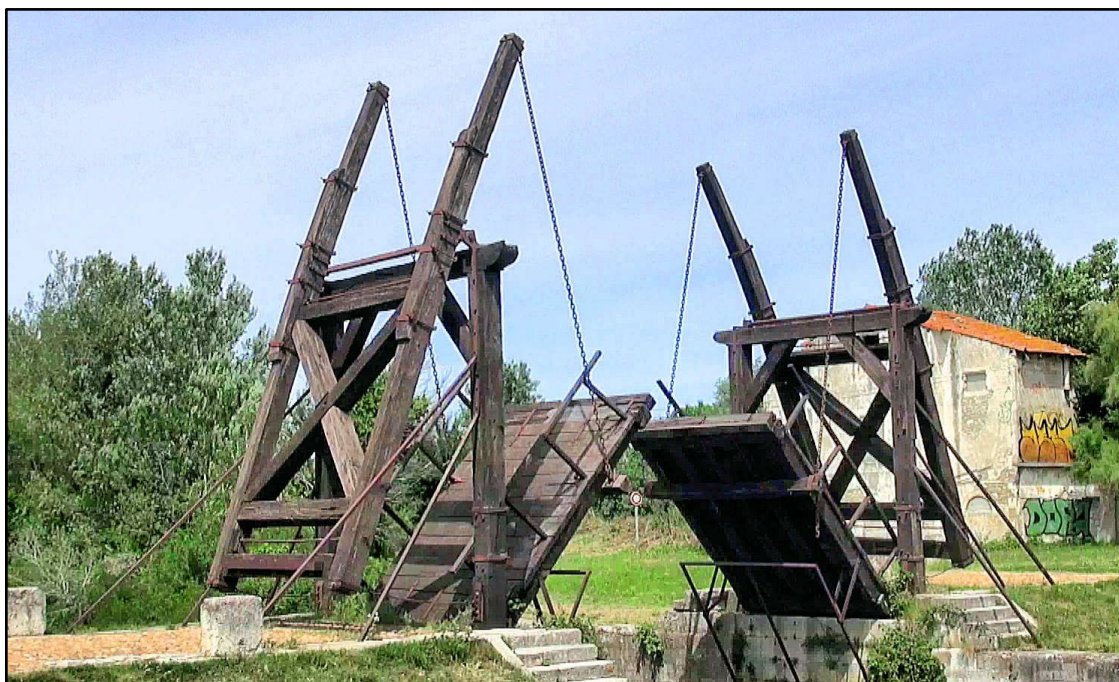


## 1.2 Stredovek

Po pádne Rímskej ríše nastal úpadok v mostnom staviteľstve. K obratu došlo v 10 storočí a najznámejším dreveným mostom je v švajčiarskej Luzerne most Kapellbrücke (Obr.2). Bol postavený už v roku 1333, ktorého dĺžka je 204 m a vedie cez rieku Reuss. Zdvíhacie mosty cez splavné rieky sa objavili už v 14. storočí. Stovky z nich sa dodnes zachovali najmä na území Holandska, kde premošťujú vodné kanály. najslávnejšie z nich, Le Pont de Langlois u Arles v Provenchie (Obr.3).



Obr. 3: Drevený most Kapellbrücke v švajčiarskej Luzerne [3]



Obr. 4: Zdvíhací most u Arles v Provence, Francúzsko [4]

### 1.3 Novovek

Do konca 17. storočia sa mosty stavali podľa skúseností prenášaných z generácie na generáciu. Pokrok mostného staviteľstva nastáva rozvojom poznatkov z teórie konštrukcií a matematiky. Zásahu na to majú bádatelia v matematike, fyzike, mechanike a to hlavne Leonárdo da Vinci, Isaac Newton, Leonhard Euler, Robert Hooke, Navier a ďalší. V alpských štátoch v 17. storočí výstavba dosiahla pokročilú úroveň a požívali sa vešadlové, vzperadlové, roštové nosné konštrukcie a neskôr oblúkové. Pôvodne gotický kostol (Obr.6) bol postavený v roku 1397 v obci Kočí (ČR), do ktorého vedie 18 metrov dlhý barokový drevený most na pilieroch, ktorý je chránený sedlovou strechou pokrytou šindľom. V 19. storočí sa vývoj drevených mostov odohrával v spojených štátoch hlavne pre železničnú dopravu. Ako príklad železničného mostu je uvedený drevený most na (Obr.7) vybudovaný v roku 1852 v Severnej Amerike. Takzvaný Matematický most (Obr. 5) v Británii navrhol architekt William Etheridge v roku 1749, v rokoch 1845 a 1905 bol zbúraný a postavený znovu v nezmenenej podobe.

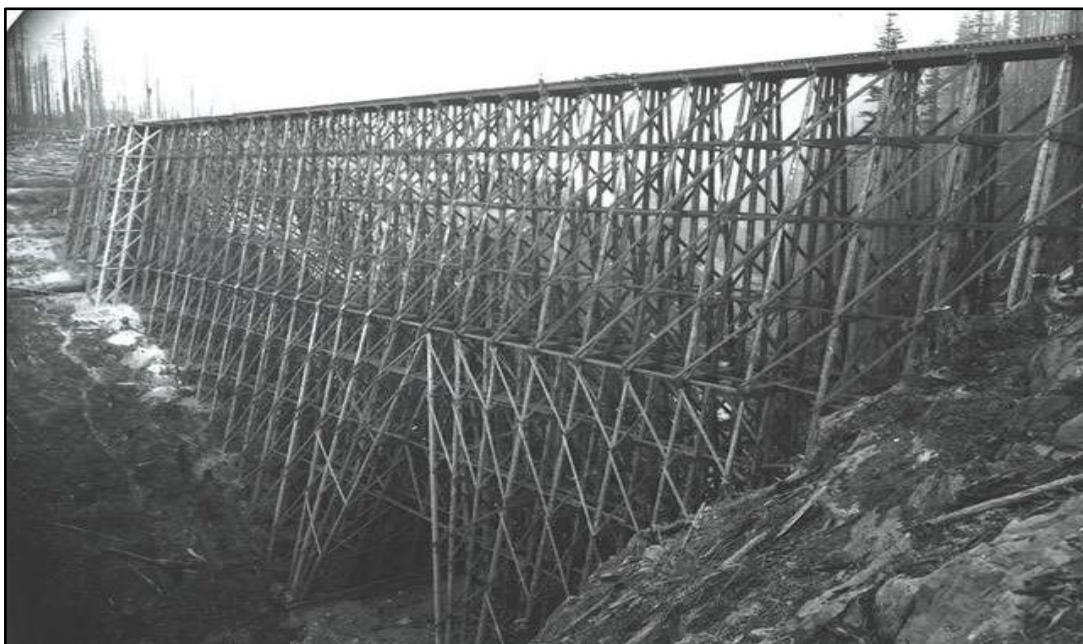


*Obr. 5: Drevený most v ČR v obci Kočí [6]*



*Obr. 6: Drevený Matematický most v Británii [5]*





*Obr. 7: Portage Bridge v Severnej Amerike [7]*

Most Kintai Brokátový pás (Obr.8) je most, zložený z piatich drevených oblúkov, ktorí vedie cez rieku Nišiki. Pôvodný most pochádzal z roku 1674, ale v roku 1950 ho strhla povodeň spôsobená tajfúnom. O tri roky neskôr ho nahradila presná kópia, ktorá tu stojí dodnes. Most je postavený z dreva bez použitia kovového spojovacieho prostriedku. Most sa skladá z piatich postupných drevených oblúkových mostov na štyroch kamenných pilieroch s rozpätím poľa cca 35 m, so šírkou 5 m.



*Obr. 8: Drevený most Kintai v Japonsku [8]*

## 2. Konštrukčné riešenia drevených lávok

### 2.1 Trámové lávky

Trámová konštrukcia patrí medzi najrozšírenejšie typy drevených lávok. Hlavným nosným prvkom sú nosníky, ktoré sú navzájom spojené doskou a priečnymi stužidlami. Používajú sa pre rozpätie do 30 m, staticky pôsobiace ako jedno-poľové, alebo viac-poľové nosníky.



*Obr. 9: Trámová lávka v okolí hradu Veveří v Brne [9]*

Drevená lávka (Obr. 9) je situovaná do členitého terénu v okolí hradu Veveří v blízkosti mesta Brno[9]. Nosnú konštrukciu tvoria dva drevené trámy z LLD dreva s medziľahlou mostovkou. Konštrukcia lávky sa skladá z piatich polí s rozpätím od 15 do 17 m, celková dĺžka lávky je 80,5 m, pričom v poliach 1 a 5 je lávka tvorená z dvoch trámov tvare oblúka o polomere 23 m. Svetlá prejazdná šírka lávky je 2 m, pričom v treťom poli je zhotovená odpočinková časť s voľnou šírkou 4 m, ktorá je čiastočne zastrešená. Drevená konštrukcia lávky je podopretá na betónových operách a pilieroch, uložená na oceľových ložiskách s teflonovým povrchom. Počas stavby bolo pre prepravu segmentov použité špeciálne kamióny, pretože sa jednalo o nadrozmernú prepravu nákladu, kde šírka súpravy dosahovala 4 m a dĺžky priemerne 17 m. Pri montáži bolo potrebné jednotlivé segmenty vyzdvihnúť do výšky 30 m nad vrcholky stromov a následne umiestnenie na spodnú stavbu a ich pripojenie. Pri spojovaní jednotlivých dielov bolo treba zaistiť smerovo zakrivené časti konštrukcie pomocou oceľových tiahľach, ktoré zlepšujú celkovú tuhosť konštrukcie.



## 2.2 Priehradové lávky

Priehradové konštrukcie sa používajú pre rozpätie 40 m. Priehradová konštrukcia je tvorená z jednoduchých prútov pospájaných do stýčnikov, kľbovými spojmi, aby umožňovali voľné pootočenie. Takouto konštrukciou dosiahneme prevažujúce osovú namáhanie jednotlivých prútov. Priehradové väzníky môžu byť priamo pásové alebo oblúkového tvaru, pričom u lávok s dolnou mostovkou vzniká problém so stabilizáciou horného pásu lávky. Výroba jednotlivých prvkov prebieha v dielňach, ktorá umožňuje následnú rýchlu montáž pomocou zdvíhacích zariadení.



*Obr. 10: Drevená oblúková priehradová lávka na Aljaške [10]*

Oblúková priehradová lávka (Obr.10) s rozpätím 85 m, je najdlhším dreveným mostom tohto druhu v Severnej Amerike [10]. Šírka konštrukcie je 4,5 m, šírka mostovky je 1,8 m. Výška oblúkových priehradových nosníkov na koncoch je 4,6 m a uprostred rozpätia 8,2 m. Vzhľadom na blízkosť ľadovca Spencer Glacier musí byť lávka umiestnená dostatočne vysoko, preto je lávka 7,5 m nad hladinou vody, aby sa vylúčila možnosť kolízie s ľadovými kryhami, plávajúcich po vode. Okrem úžitného zaťaženia  $4,4 \text{ kN/m}^2$  bolo s ohľadom na polohu mosta zväžiť zaťaženia snehom  $9,7 \text{ kN/m}^2$ , nárazy vetra do  $5,85 \text{ kN/m}^2$ . Pričnemu zaťaženiu účinkom vetra a seizmicity odolávajú vertikálne portálové rámy v každom stýčniku a horizontálne stuženie tvaru V v rovine horného a dolného pásu. Na prvky hlavného priehradového oblúka, podlahové nosníky, väznice a stuženie bolo použité impregnované lepené lamelové drevo z borovice.



## 2.3 Oblúkové lávky

Oblúkové lávky sa používajú pre rozpätie až do 70 m. Zo statického hľadiska je oblúková konštrukcia výhodná, pretože je namáhaná prevažne osovým namáhaním. Oblúky majú tvar paraboly alebo kružnice. Oblúkové lávky môžu byť tohto typu a to oblúkové lávky s hornou, dolnou a medziľahlou mostovkou. Najčastejšie sa navrhujú ako trojkľbové, staticky určité konštrukcie.



*Obr. 11: Oblúková drevená lávka Čierny Kríž cez Studenou Vltavu [11]*

Nosná konštrukcia (Obr.11) bola navrhnutá ako oblúk z lepeného lamelového dreva s dolnou mostovkou a šikmými závesy. Oblúk má rozpätie 36 m, šírku mostovky 2 m a jeho tiahla sú spojené oceľovými tyčovými závesmi. Nosnú konštrukciu tvoria dva oblúkové nosníky z lepeného lamelového dreva pevnostnej triedy GL 28h. Oblúk má rozmery 320 x 900 mm, tiahlo 320 x 700 mm. Nosníky takejto šírky je ťažké vyrobiť, preto sa realizovali z dvoch nosníkov šírky 160 mm spriahnutých oceľovými svorníkmi. Tiahla oblúku sú pod mostovkou po dvoch metroch priečne spojené oceľovými valcovanými nosníkmi a priečne zvetrávacími prvkami. Hlavné oblúkové nosníky sú prepojené a priečne zavetrujú oceľovými valcovanými nosníkmi. Mostovka bola navrhnutá z dvoch pozdĺžnych hranolov z lepeného lamelového dreva s rozmermi 120 x 180 mm, na ktorých leží priečne dubové Mostnice. Medzi mostnicami sú v pozdĺžnom smere medzery šírky 10 mm, ktoré zaisťujú odvodnenie mosta. Mostnice sú k pozdĺžníkom pripevnené vrúťmi, pozdĺžníky k oceľovým priečnikom pomocou oceľových svorníkov a navarených plechov.

## 2.4 Visuté lávky

Používajú sa pre rozpätie do 100m. Visutý most je typ mostu, ktorého konštrukčný systém pozostáva z hlavných voľne visiacych lanách s pevne zaistenými nehybnými koncami. Na hlavných lanách sú priečne zavesené zvislá laná nesúce mostovku. Hlavný nosný systém visutých mostov musí vždy tvoriť materiály odolávajúce ťahovým napätím, ktoré sú u týchto mostov dominantné. Zo všetkých konštrukčných typov mostov umožňujú visuté mosty prekonať najväčšie rozpätie.



*Obr. 12: Visutá drevená lávka Týnec nad Sázavou [12]*

Jedná sa o lávku (Obr.12) pre chodcov a cyklistov cez rieku Sázavu. Lávka s priečnym profilom 2,5 m je navrhnutá ako visutá drevená konštrukcia o troch poliach s maximálnym rozpätím stredného poľa 65 m. Rozpätie krajných polí meria 32 m a celková dĺžka lávky je 130 m. Drevená konštrukcia mostovky je kotvená na krajné ŽB opory a vnútorné oceľové pylóny. Medzi týmito podporami je mostovka zavesená k hlavnému lanu pomocou oceľových závesov s priemerom 20mm z ocele S460. Konštrukcia mostovky je zložená z hlavných krajných plnostenných pozdĺžnikov z dreva GL32h, ktoré sú medzi sebou spojené drevenými priečnikmi v module 3,25 m. Medzi priečnikmi a krajnými pozdĺžnikmi sú osadené diagonály z oceľových trubiek a spolu prvky tvoria hlavnú nosnú funkciu mostovky a zaisťujú ich priečnu tuhosť. Konštrukcia je doplnená vnútornými drevenými pozdĺžnikmi, na ktorej je osadená finálna časť mostovky z dubových hranolov.



## 2.5 Zavesené lávky

Používajú sa pre rozpätie väčšie ako 40 m (do 100m). Drevené zavesené lávky pozostávajú z drevenej mostovky, ktorá je zavesená na oceľových lanách upevnených v jednom alebo viac bodoch oceľového alebo dreveného pilónu. Zavesené mosty rozlišujeme podľa usporiadania závesov na vejárové, polo harfové a harfové typy zavesených mostov. U vejárového typu mostu závesy vychádzajú z jedného miesta na pylóne a rozbiehajú sa do rôznych častí mostovky (Obr. 13). To však môže v mnohých prípadoch spôsobovať problémy pri ukotvení všetkých lán v jednom bode pri vrchole pylónu. U harfového typu mostu závesy sú vzájomne rovnobežné. Vejárové usporiadanie je najvhodnejší konštrukčný systém pretože je zložený z trojuholníkov. Na rozdiel od harfového usporiadania, ktoré obsahuje prevažne štvoruholníky a preto je potrebná dodatočná ohybová tuhosť nosníka alebo pylónu na prenášanie nerovnomerného zaťaženia.



*Obr. 13: Zavesená lávka v meste Příbor [13]*

Jedná sa o drevenú zavesenú lávku (Obr.13) s rozpätím 43 m, ktorej nosná konštrukcia je tvorená dvojicou súbežných, drevených, pozdĺžnymi nosníkmi z lepeného dreva konštantnej výšky 0,7 m, priečnikmi a drevenou prvkovou mostovkou. Priečniky v mieste ukotvenia oceľových závesov, v mieste stávajúceho tlmiča a nadpodporové priečniky sú oceľové a ostatné drevené. Nosná konštrukcia mostovky je zavesená pomocou oceľových tyčových závesov na dvojicu oceľových pylónov v tvare písmena V. Mostovka obsahuje mostnice z dubového dreva, kde voľná šírka mostu je 3,0 m.

## 2.6 Vešadlové lávky

Vešadlové lávky sa používajú pre rozpätie 30 m. Vešadlo je druh nosnej konštrukcie, ktorá sa používa k zvýšeniu únosnosti vodorovného nosného prvku. Slúži k vyneseniu hlavného trámu, pomocou stredového stĺpiku tzv. vešadla a preneseniu zaťaženia k podporám. Obrátené vešadlo sa nazýva vzpínadlo.



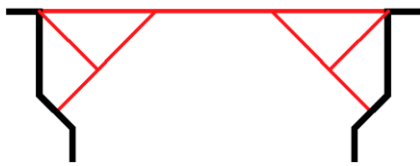
*Obr. 14: Vešadlová lávka v obci Hrčava, Česká republika [14]*

Vešadlová lávka (Obr.14) v obci Hrčava je zhotovená z rasteného dreva a konštrukcia lávky pozostáva z drevených hranolov a fošien, ktoré sú spojené s oceľovými pozinkovanými svorníkmi v kombinácii s vložkami Bulldog; vrútni a klincami. Nosnú konštrukciu lávky tvoria dva hlavné nosníky vešadlového typu s rozpätím 18 m. Voľná šírka lávky je 2,4 m s priechodnou výškou 2,1 m. Medzi vešadlové nosníky sú potom na priečných trámoch položené dva priehradové poddlžníky, na ktorých spočívajú priečniky z dvojíc trámov 80/160 mm a mostovka vykonaná z fošní hrúbky 50 mm. Stabilitu horného pásu vešadlá zaisťujú vzperky umiestnené v priečnom smere medzi zvislicami vešadla a hornými priečnikmi. Stabilitu horných pásov zaisťujú vzpery spájajúcej konzolovo vyložené konce priečnikov so zvislicami poddlžníkov.

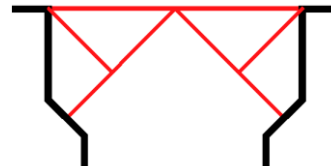


## 2.7 Vzperadlové lávky

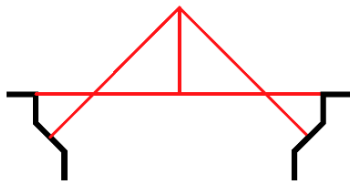
Vzperadlo je statický a konštrukčný systém využívaný pre nosné konštrukcie a to hlavne pre mosty a krovky. Jedná sa o prútovú konštrukciu s kľbovými, alebo tuhými styčníkmi. Šikmé vzpery podopierajú vodorovný nosník a tým skracujú jeho rozpätie a prenášajú zaťaženie do podpor. Použitím vzperadla je možné získať väčšiu únosnosť a prekonávať väčšie rozpätia. Vzperadlové konštrukcie obsahujú voľný priestor nad samotnou konštrukciou.



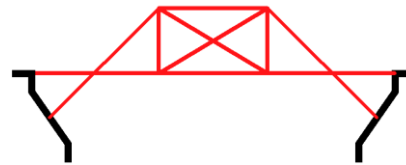
Obr. 17: Lichobežníkové (dvojité) vzperadlo



Obr. 18: Trojuholníkové (jednoduché) vzperadlo



Obr. 16: Kombinácia vzperadla a vešadla



Obr. 15: Kombinácia vzperadla a dvojitého vešadla



Obr. 19: Drevený vzperadlový most [15]

## 2.8 Vzpínadlové lávky

Vzpínadlo je druh nosnej konštrukcie, v ktorá pozostáva z vodorovného trámu vystuženého tiahkami, diagonálami a krátkymi stĺpikmi. Hlavný trám je čiastočne odľahčený od ohybového namáhania pridaním vzpínadla a tak vzniká prevažujúce tlakové namáhanie hlavného trámu. Vzniká tlakové namáhanie stĺpikov a ťahové namáhanie vzpínadla. Pri tomto druhu namáhania, na rozdiel od ohybového namáhania, dochádza rovnomernému využitiu prierezu a tak získame väčšiu únosnosť prvku. Podľa počtu zvislých prútov, ktoré podpierajú vodorovný prvok, rozlišujeme vzpínadla na jednoduché, dvojité, alebo viacnásobné.



*Obr. 20: Vzpínadlová lávka Lardal v Nórsku [16]*

Vzpínadlová lávka (Obr.20) je tvorená oceľovým vzpínadlom a hlavným nosným trámom, ktorí je podopieraný šikmými drevenými vzperadlami. Lávka disponuje celkovou dĺžkou 130 m a rozpätím stredného poľa 92 m.

## 2.9 Drevené lávky v tvare reťazovky

Konštrukcia vytvorená zo segmentov, ktoré po uložení na pilóny alebo piliere pripomínajú tvar reťaze alebo lana. U konštrukcií tohto typu nastáva prevažujúce osovú namáhanie a minimalizácia ohybového namáhania hlavných prvkov, čím dosiahneme použitie konštrukcie pre väčšie rozpätia.



*Obr. 21: Drevená lávka Essing v Nemecku [17]*

Essing drevený most (Obr.21) bol otvorený v roku 1986 s celkovou dĺžkou 190 m, s rozpätím hlavného poľa 73 m. Bol navrhnutý ako most pre peších a spája obytnú dedinu Essing a prírodnú rezerváciu na druhej strane. Druh lávky tohto typu pre veľké rozpätia nebol v tej dobe obvyklým riešením pre jeho nezvyčajnú konštrukciu. Reťazová konštrukcia je tvorená deviatimi lepenými lamelovými hranolmi s prierezom 220 x 650 mm, zakrivenými do tvaru lana, ktorá je podopretá tromi drevenými priehradovými piliermi umiestnených na betónových základoch. Na tento most bolo použité 320 m<sup>3</sup> lepeného lamelového dreva a na podlahu bolo použito 665 m<sup>2</sup> exotického dreva.



## 2.10 Zdvíhacie lávky

Konštrukcie toho typu umožňujú výškové premiestnenie mostovky, ktoré napr. umožňujú potrebný prechod pre vodnú dopravu, alebo zdvihnutie konštrukcie v čase záplav. Konštrukcia disponuje ľahkou hmotnosťou a pre zdvih sa používa napr. hydraulické zariadenie, alebo lanové zdvíhacie zariadenie.



*Obr. 22: Zdvíhacia lávka v Mladá Boleslav [18]*



*Obr. 23: Zdvíhacia lávka v Mladá Boleslav v čase záplav [18]*

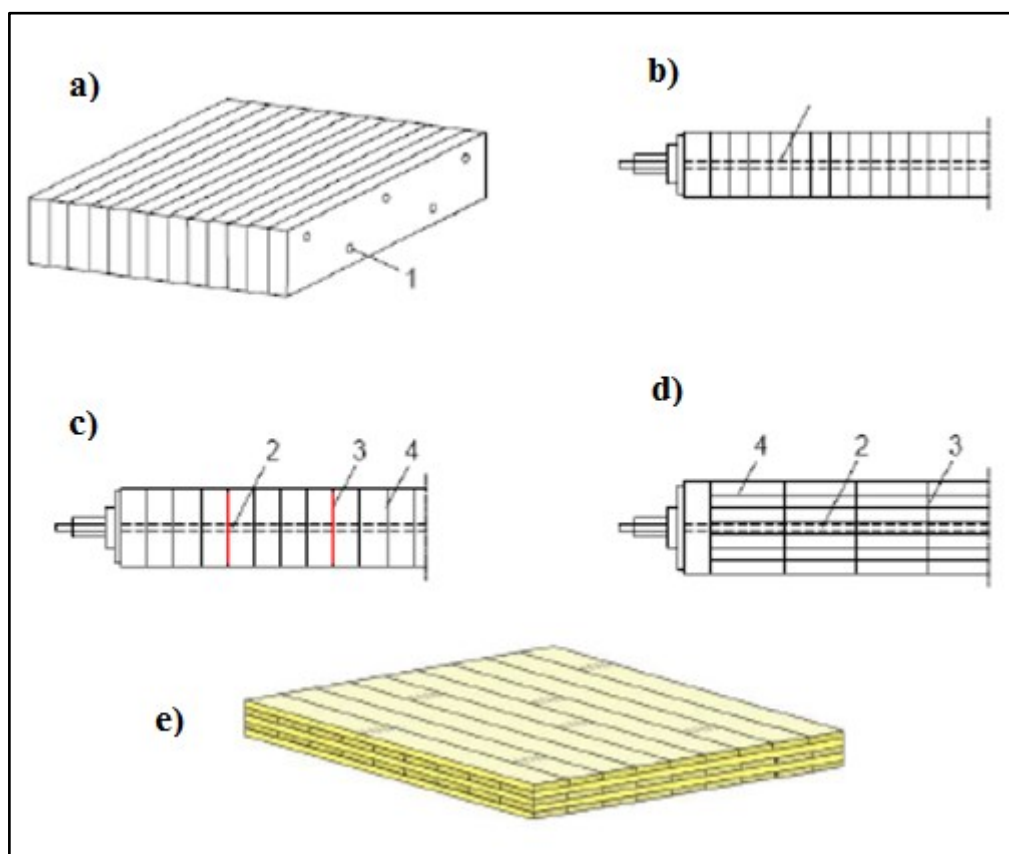


### 3. Typy mostoviek drevených lávok

Neoddeliteľnou súčasťou lávok je mostovka, ktorá sa podľa polohy rozlišuje na lávky s dolnou, medziľahlou, alebo hornou mostovkou. Z hľadiska ochrany proti klimatickým vplyvom je vhodnou voľbou použitie hornej mostovky. Použitím dolnej mostovky dosiahneme menšiu stavebnú výšku lávky.

#### 3.1 Drevené mostovky

Z hľadiska konštrukcie mostovky je najpoužívanejším typom prvková mostovka, ktorá sa skladá z priečnikov (oceľových alebo drevených), pozdĺžnikov (drevených) a mostin (väčšinou dubových, alebo exotických drevín). Medzi ďalšie používané typy mostoviek patrí napríklad (znázornenie na obr. 24) lamelovanej pomocou klincov alebo skrutiek (a), predpäté nelepené (b), predpäté lepené na ležato (c), predpäté lepené na stojato (d) a krížom lamelovanej dosky (e).



### 3.2 Spriahnuté drevo betónové mostovky

Príspevok betónovej dosky odolnosti prierezu je závislý na poddajnosti spriahnutia a na usporiadaní priečneho rezu. Podľa účinnosti spriahnutia jedná sa o spriahnutie poddajné, alebo tuhé. Betónová doska v spriahnutej konštrukcii má nosnú, roznášajú, výstužnú, akumuláciu a ochrannú funkciu. U spriahnutých konštrukcií je potrebné započítať časové zmeny vplyvom dotvarovania a zmršťovania betónu. Ďalej dynamická analýza pre zistenie priečneho a pozdĺžneho kmitania konštrukcie.

Hlavnými výhodami spriahnutého drevo betónového prierezu mostovky sú :

- zvýšenie odolnosti prierezu
- zvýšenie tuhosti prierezu
- krátka doba výstavby pri použití prefabrikácie (Obr.26)
- ochrana drevenej konštrukcie pred vplyvmi vlhkosti



*Obr. 24:-Drevený most so spriahnutou drevobetónovou mostovkou v Rakúsku [19]*

Tento most (Obr.24) bol v roku svojho zhotovenia (1993) oblúkovým dreveným cestným mostom s najväčším rozpätím v Európe. Oblúky, podpery a hlavné nosníky sú z dreva červeného smreka, mostovka je železobetónová spriahnutá s hlavnými nosníkmi, stužujúci systém mostu je z oceľových prvkov. Most je dlhý 85 m s rozpätím oblúka 45 m, ktorý je navrhnutý na zaťaženie, ktoré predstavujúce 60 tonové vozidlo.

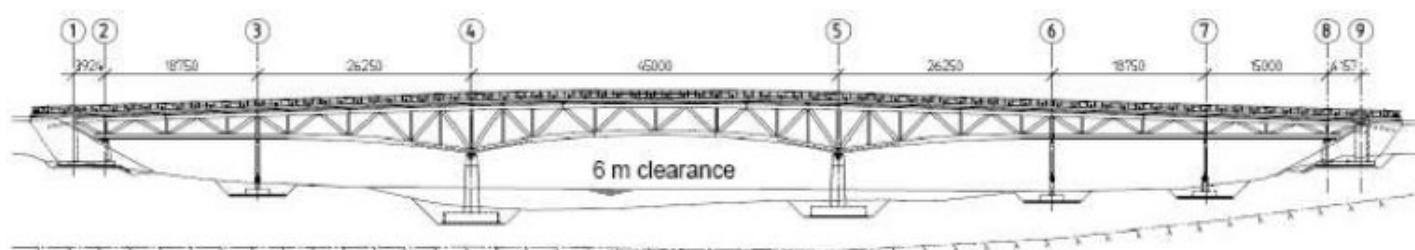


*Obr. 25 Most cez Reno (Norsko, 2006) [21]*

Drevený most (Obr.25) s hornou, spriahnutou, montovanou, betónovou mostovkou patrí v súčasnosti medzi najúnosnejší drevený most na svete. S rozpätím hlavného poľa 45m a celkovej dĺžky 143m, bol navrhnutý na max. hmotnosť súpravy 115 t. Na jeho zhotovenie bolo potrebné 250 m<sup>3</sup>, 1000 m<sup>3</sup>, 170 t výstuže, 60 t ocele a 10744 kolíkov.



*Obr. 26: Montáž mostu Reno (Norsko 2006) [21]*





## 4. Návrh drevených lávok

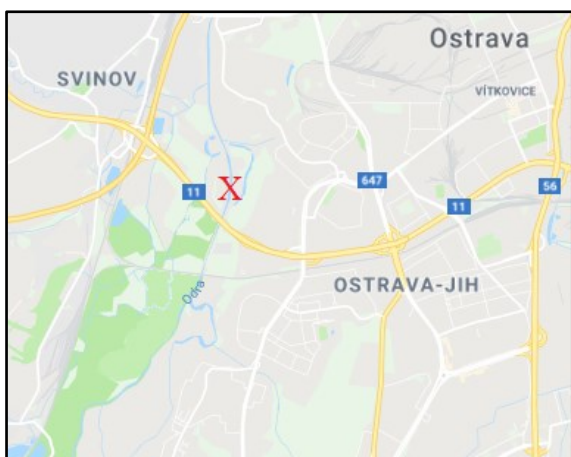
Pretože sa jedná o chodník (lávku) pre chodcov a cyklistov, musí byť usporiadanie bezbariérové a musia umožniť pohyb osobám so zníženou schopnosťou pohybu alebo orientácie. Pre návrh lávky to znamená dodržanie maximálneho pozdĺžneho sklonu 1:12 (8,33%) a maximálneho priečneho sklonu 1:40 (2,5%), podľa vyhlášky 398/2009 [27].

Mostný objekt vedie cez vodný tok, a preto výškové usporiadanie a ich umiestnenie do terénu vo vzťahu k vodnému toku, sa majú navrhovať tak, aby nevytvárali prekážku prirodzenému odtoku vody, ktoré sa môžu vyskytnúť za obdobie životnosti mostného objektu. Návrh mostu nesmie negatívne ovplyvniť ochranu vôd, biodiverzitu a mal by prispievať k rozvoju územia. V mostných otvoroch musí byť vždy nad návrhovú hladinou (NH) alebo kontrolnú projektovú hladinou (KNH) zachovaná najmenej minimálna voľná výška (MVV), ktorá sa určí podľa tabuľky 12.1 v norme [32] v závislosti na návrhovej kategórii podľa dopravného významu, variačným rozpätie križenia vodného toku  $Q_{100} / Q_1$ , návrhovom prietoku a kontrolným návrhovom prietoku.

Navrhnutá lávka bola zaradená do 3. kategórie a podľa údajov o povodí Odry boli určené nasledujúce hodnoty:  $Q_{100} / Q_1 = 7,1$ , návrhový prietok  $Q_{50} = 120 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ , kontrolný návrhový prietok  $Q_{100} = 150 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ . n [1] sa stanovila MVV nad návrhovú hladinou 0,5 m. Priebeh hladín storočnej vody  $Q_{100}$  a päťdesiatročnej vody  $Q_{50}$  má povodí Odry :  $Q_{100} = 414,10 \text{ m.n.m.}$  a  $Q_{50} = 414,8 \text{ m.n.m.}$

### 4.1 Umiestnenie konštrukcie

Umiestnenie konštrukcie nie je bližšie špecifikovaná oblasť, v ktorej sa má daná konštrukcia lávky nachádzať. Preto je miesto ľubovoľne vybrané, a jedná z možností je umiestnenie lávky do mesta Ostrava cez rieku Odru.



## 4.2 Výpočet návrhových odolností materiálu

Výpočet návrhových odolností materiálu podľa normy ČSN EN 1995-1-1 [22][22].

$$X_d = k_{\text{mod}} \times \frac{X_k}{\gamma_M} \quad (1)$$

- Lepené lamelové drevo

$$k_{\text{mod}} = 0,7 \quad [-]$$

$$\gamma_m = 1,25 \quad [-]$$

- Rostlé drevo

$$k_{\text{mod}} = 0,7 \quad [-]$$

$$\gamma_m = 1,30 \quad [-]$$

### 4.2.1 Lepené lamelové drevo GL28h

Výpočet hodnôt návrhových pevností podľa vzorca [1]. Hodnoty odpovedajú drevu pri teplote vzduchu 20°C a relatívnej vlhkosti 65 %. Jedná sa o drevinu pod rodovým názvom smrekovec opadavý (modřín).

$E = 12\,600$	[MPa]	$G = 720$	[MPa]
$E_{0,05} = 10\,200$	[MPa]	$G_{0,05} = 640$	[MPa]
Odolnosť v ohybe		Odolnosť v ťahu rovnobežne s vláknami	
$f_{m,k} = 28,00$	[MPa]	$f_{t,0,k} = 19,5$	[MPa]
$f_{m,d} = 15,68$	[MPa]	$f_{t,0,d} = 10,92$	[MPa]
Odolnosť v tlaku rovnobežne s vláknami		Odolnosť v ťahu kolmo k vláknám	
$f_{c,0,k} = 26,50$	[MPa]	$f_{t,90,k} = 0,50$	[MPa]
$f_{c,0,d} = 14,84$	[MPa]	$f_{t,90,d} = 0,28$	[MPa]
Odolnosť v tlaku kolmo na vlákna		Odolnosť v šmyku	
$f_{c,90,k} = 3,00$	[MPa]	$f_{v,k} = 3,50$	[MPa]
$f_{c,90,d} = 1,68$	[MPa]	$f_{v,d} = 1,96$	[MPa]

#### 4.2.2 *Rastlé drevo C24*

Jedná sa o drevinu pod rodovým názvom smrek obyčajný. Pevnostnej triedy C24.

$E = 12\,600$	[MPa]	$G = 720$	[MPa]
$E_{0,05} = 10\,200$	[MPa]	$G_{0,05} = 640$	[MPa]
Odolnosť v ohybe		Odolnosť v ťahu rovnobežne s vláknami	
$f_{m,k} = 24,00$	[MPa]	$f_{t,0,k} = 14,00$	[MPa]
$f_{m,d} = 13,44$	[MPa]	$f_{t,0,d} = 7,84$	[MPa]
Odolnosť v tlaku rovnobežne s vláknami		Odolnosť v ťahu kolmo k vláknám	
$f_{c,0,k} = 21,00$	[MPa]	$f_{t,90,k} = 0,40$	[MPa]
$f_{c,0,d} = 11,76$	[MPa]	$f_{t,90,d} = 0,22$	[MPa]
Odolnosť v tlaku kolmo na vlákna		Odolnosť v šmyku	
$f_{c,90,k} = 2,50$	[MPa]	$f_{v,k} = 4,00$	[MPa]
$f_{c,90,d} = 1,40$	[MPa]	$f_{v,d} = 2,24$	[MPa]

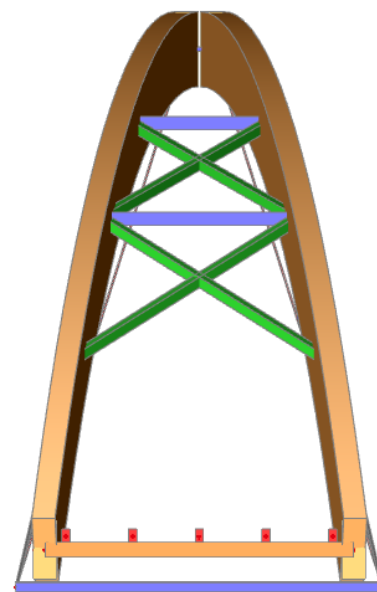
#### 4.2.3 *Rastlé drevo D40*

Jedná sa o drevinu pod rodovým názvom dub. Pevnostnej triedy D40.

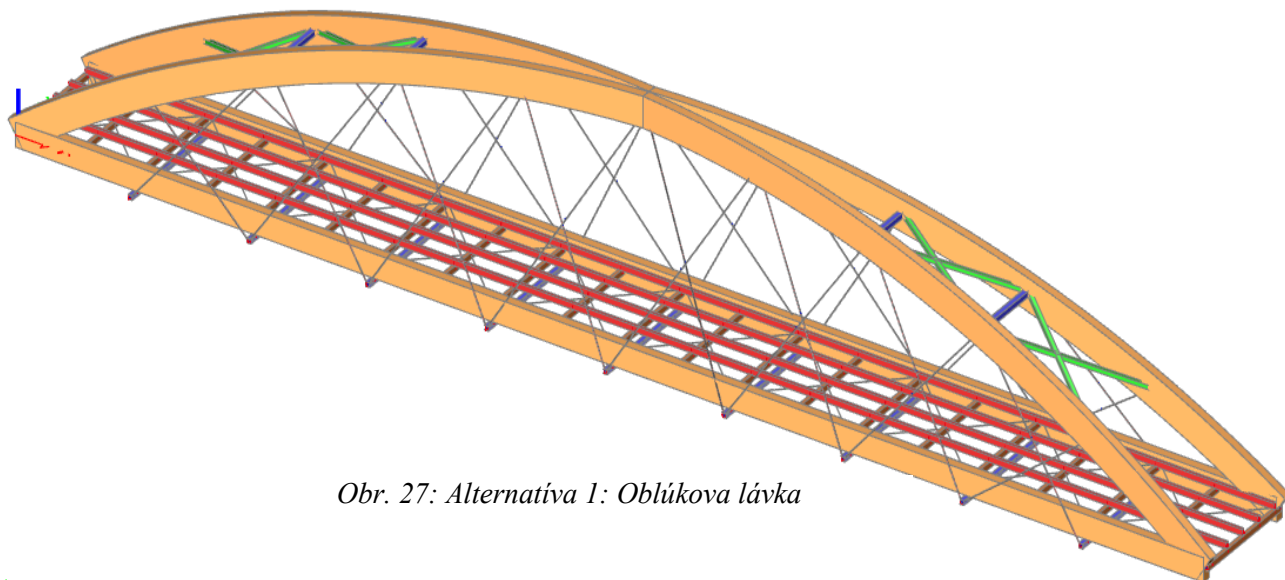
Odolnosť v ohybe		Odolnosť v ťahu rovnobežne s vláknami	
$f_{m,k} = 40$	[MPa]	$f_{t,0,k} = 24,00$	[MPa]
$f_{m,d} = 22,4$	[MPa]	$f_{t,0,d} = 13,44$	[MPa]
Odolnosť v tlaku rovnobežne s vláknami		Odolnosť v ťahu kolmo k vláknám	
$f_{c,0,k} = 26$	[MPa]	$f_{t,90,k} = 0,60$	[MPa]
$f_{c,0,d} = 14,6$	[MPa]	$f_{t,90,d} = 0,34$	[MPa]
Odolnosť v tlaku kolmo na vlákna		Odolnosť v šmyku	
$f_{c,90,k} = 8,3$	[MPa]	$f_{v,k} = 4,00$	[MPa]
$f_{c,90,d} = 4,6$	[MPa]	$f_{v,d} = 2,24$	[MPa]

### 4.3 Alternatíva 1. – Oblúčková lávka

Prvú alternatívu návrhu drevenej lávky pre rozpätie 40 m tvorí trojkĺbová oblúčková lávka (Obr.27). Nosnú konštrukciu tvoria štyri kĺbovo pripojené oblúčkové prvky obdĺžnikového prierezu, z LLD o rozmeroch 280×900 mm, ktoré sa stýkajú vo vrchole lávky čapovým spojom. Spodný vodorovný prvok(trámy) tvorí LLD o rozmeroch 280×700mm, ktoré sú priečne podopierané oceľovými profilmi HEA 140, pri osovej vzdialenosti 4,0 m. Tieto oceľové priečniky sú na koncoch profilu zavesené oceľovými tyčovými závesmi o priemeru 20mm značky Mecalloy 460, ktoré sú upevnené do určených miest oblúčkových prvkov. Na vodorovných trámoch je pripevnená prvková mostovka, ktorá je tvorená z drevených priečnikov z LLD o rozmeroch 140 × 260 mm, z pozdĺžnikov z rastlého dreva o rozmeroch 120×160mm a dubových mostín o rozmeroch 150×60 mm. Mostovka obsahuje krížom umiestnené oceľové stužidlá, upevnené v spoji spolu s drevenými priečnikmi. Spoje ako oceľový priečnik + trám, drevený priečnik + trám, vrchné stuženie lávky, závesy + oblúk sú spoje svorníkového typu a vlisovanej oceľovej dosky, počítaný ako dvojstrižný spoj. Lávku podopierajú pevné ložiská na jednej strane a na druhej jednostranne posuvné ložiská.



Predbežný výpočet jednotlivých nosných prvkov lávky je uvedený v nasledujúcej podkapitole. Pri výpočte nebolo uvažované so zaťažením vozidlom, pretože vjazd na lávku je zabránený. Bol použitý prútový model a následný nelineárny výpočet v programe Scia Engineer [1]. Boli zhotovené posúdenie prvkov, ktoré boli pre výsledný návrh rozhodujúce.



Obr. 27: Alternatíva 1: Oblúčková lávka





Tab.2.: Zaťaženie chodcami - zvislé

Chodci : zvislé	$q_{f,k}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	Zať. šírka [mm]	$q_{f,k}$ [kN/m]
vnútorný pozdĺžnik	3,7	800	<b>3,0</b>
krajný pozdĺžnik	3,7	650	<b>2,4</b>

Tab.3.: Zaťaženie chodcami - vodorovné

Chodci : vodorovné	$q_{f,k}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	Zať. šírka [mm]	$q_{f,k}$ [kN/m]
vnútorný pozdĺžnik	0,37	800	<b>0,3</b>
krajný pozdĺžnik	0,37	650	<b>0,24</b>

- Zaťaženie snehom:

Zaťaženie snehom nebolo uvažované, pretože lávka neobsahuje zastrešenie a zaťaženie chodcami disponuje väčšou hodnotou.

- Zaťaženie vetrom

Konštrukcia sa nachádza v 3. veternej oblasti s nadmorskou výškou 432m. n. m. s kategóriou terénu III.

Hustota vzduchu:  $\rho = 1,25 \text{ [kg/m}^3\text{]}$

Charakteristická rýchlosť vetru :  $v_{b,0} = 25,0 \text{ [m/s]}$

Súčiniteľ smeru vetru :  $c_{dir} = 1,0 \text{ [-]}$

Súčiniteľ ročného obdobia :  $c_{season} = 1,0 \text{ [-]}$

Základná rýchlosť vetru :

$$v_b = c_{dir} \times c_{season} \times v_{b,0} = 1,0 \times 1,0 \times 25,0 = 25,0 \text{ [m/s]}$$

Parametre drsnosti terénu:  $z_0 = 0,3 \text{ [m]}$

Minimálna výška:  $z_{min} = 5,0 \text{ [m]}$

Terén kategórie III:  $z_{0,II} = 0,3 \text{ [m]}$

Výška nad zemí:  $z = 7,0 \text{ [m]}$

Súčiniteľ terénu:

$$k_r = 0,19 \times \left( \frac{z_0}{z_{0,II}} \right)^{0,07} = 0,19 \times \left( \frac{0,3}{0,3} \right)^{0,07} = 0,19 \text{ [-]}$$

Súčiniteľ drsnosti terénu:

$$c_r(z) = k_r \times \ln \left( \frac{z}{z_0} \right) = 0,19 \times \ln \left( \frac{7}{0,3} \right) = 0,598 \text{ [-]}$$

Súčiniteľ ortografie:  $c_o(z) = 1,0 \text{ [-]}$

Súčiniteľ turbulencie:  $k_t = 1,0 [-]$

Charakteristická rýchlosť vetru:

$$v_m(z) = c_r(z) \times c_0(z) \times v_b$$

$$v_m(z) = 0,598 \times 1,0 \times 25$$

$$v_m(z) = 15,0 \text{ [m/s]}$$

Intenzita turbulencie

$$I_v(z) = \frac{k_t}{c_0(z) \times \ln\left(\frac{z}{z_0}\right)}$$

$$I_v(z) = \frac{1,0}{1,0 \times \ln\left(\frac{7}{0,3}\right)}$$

$$I_v(z) = 0,32 [-]$$

Základný dynamický tlak vetra

$$q_b = 0,5 \times \rho \times v_m^2$$

$$q_b = 0,5 \times 1,25 \times 15,0^2$$

$$q_b = 0,23 \text{ [kN/m}^2\text{]}$$

Maximálny charakteristický tlak

$$q_k(z) = [1 + 7 \times I_v(z)] \times 0,5 \times \rho \times v_m^2$$

$$q_k(z) = [1 + 7 \times 0,32] \times 0,5 \times 1,25 \times 15,0^2$$

$$q_k(z) = \mathbf{0,50} \text{ [kN/m}^2\text{]}$$

Súčiniteľ expozície:

$$C_e(z) = \frac{q_k(z)}{q_b} = \frac{0,50}{0,23} = 2,1739 [-]$$

Šírka konštrukcie:  $b = 4,0 \text{ [m]}$

Výška (mostovka + zábradlie)  $d_{tot} = 1,5$

Pomer:  $\frac{b}{d_{tot}} = 2,667 [-]$

Súčiniteľ sily z grafu:  $c_{f,0} = 1,35 [-]$

Súčiniteľ zaťaženia vetra:

$$C = c_e(z) \times c_{f,0} = 2,667 \times 1,35 = 3,60 [-]$$

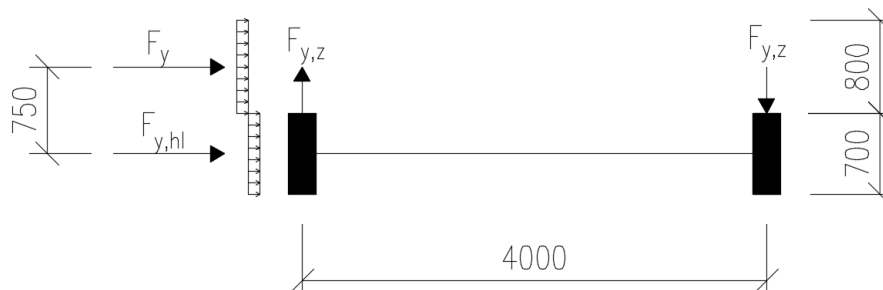
Referenčná plocha na meter dĺžky pre pás chodcov:

$$A_{ref,ch} = 1 \times d_{tot} = 1,40 \text{ [m}^2\text{/m}^*\text{]}$$

- Vietor pôsobiaci na mostovku - smer Y

$$w_k = \frac{1}{2} \times \rho \times v_b^2 \times C = \frac{1}{2} \times 1,25 \times 25,0^2 \times 3,60 = 1,41 \text{ [kN/m}^2\text{]}$$

Pôsobenie vetru na zábradlie s výslednicou zaťaženia na ramene  $r = 0,70 \text{ m}$  k ose nosníku odľahčuje a pritŕažuje konštrukciu na závislosti na smere vetru.



Vietor pôsobiaci na pás ťudí:

$$F_y = w_k \times A_{ref, ch} = 1,10 \times 1,40 = 1,54 \text{ [kN/m]}$$

Odľahčenie a pritŕaženie mostovky:

$$F_{y,z} = F_y \times \frac{r}{b} = 1,54 \times \frac{0,7}{3,5} = 0,31 \text{ [kN/m]}$$

Vietor pôsobiaci na hlavný nosník:

$$F_{y,hl} = w_k \times h_{nosník} = 1,10 \times 0,60 = 0,66 \text{ [kN/m]}$$

- Pôsobenie vetru na vodorovný trám - smer X

Pôsobenie vetru v smere X sa uvažuje ako 25 % zo smeru Y.

$$q_y = w_k \times 0,25 = 1,0 \times 0,25 = 0,25 \text{ [kN/m]}$$

- Vietor pôsobiaci na mostovku – smer Z

- Súčinitele sily :  $c_{f,z+} = +0,9$  [-] ;  $c_{f,z-} = -0,9$  [-]

- Súčinitele konštrukcie:  $c_s = 1,0$  [-] ;  $c_d = 1,0$  [-]

Výsledné hodnoty zaťaženia vetrom na mostovku:

$$q_{k,4,+} = c_s \cdot c_d \cdot c_{f,z+} \cdot q_p(z) = 0,45 \text{ [kN/m}^2\text{]}$$

$$q_{k,4,-} = c_s \cdot c_d \cdot c_{f,z-} \cdot q_p(z) = -0,45 \text{ [kN/m}^2\text{]}$$

Zaťaženie na krajní pozdĺžnik:

$$q_{k,4,k+} = 0,45 \cdot 0,65 = 0,30 \text{ [kN/m]}$$

$$q_{k,4,k-} = -0,45 \cdot 0,65 = -0,30 \text{ [kN/m]}$$

Zaťaženie na trám:

$$q_{k,4,t+} = 0,45 \cdot 0,28 = 0,13 \text{ [kN/m]}$$

$$q_{k,4,t-} = -0,45 \cdot 0,28 = -0,13 \text{ [kN/m]}$$

Zaťaženie na vnútorný pozdĺžnik:

$$q_{k,4,v+} = 0,45 \cdot 0,8 = 0,40 \text{ [kN/m]}$$

$$q_{k,4,v-} = -0,45 \cdot 0,8 = -0,40 \text{ [kN/m]}$$

- Vietor pôsobiaci na drevený oblúk – smer Y

Na základe pomeru  $b/d$ , bol získaný súčiniteľ sily bez vplyvu koncového efektu  $c_{f,0}$  z grafu uvedeného v norme [4].

- redukčný súčiniteľ:  $\psi_r = 1,0 [-]$
- súčiniteľ koncového efektu:  $\psi_\lambda = 1,0 [-]$
- súčiniteľ sily:  $c_{f,i} = c_{f,0,i} \cdot \psi_r \cdot \psi_\lambda$
- výsledná hodnota zaťaženia vetrom na prvok:

$$q_{k,i} = c_{f,0} \cdot b \cdot q_p \text{ [kN/m]} \quad (2)$$

$$b = 960 \text{ [mm]}, d = 280 \text{ [mm]}$$

$$d/b = 0,3 \Rightarrow c_{f,0,1} = 2,1$$

$$q_{k,1} = 2,1 \cdot 0,96 \cdot 0,5 = 1,01 \text{ [kN/m]}$$

- Vietor pôsobiaci na drevený oblúk – smer X

Pôsobenie vetru v smeru X sa uvažuje ako 25 % zo smeru Y.

$$q_y = w_k \times 0,25 = 1,0 \times 0,25 = 0,25 \text{ [kN/m]}$$

- Vietor pôsobiaci na drevený oblúk – smer Z

Súčiniteľ sily z grafu:  $c_{fz,0} = \pm 0,9 [-]$

Súčiniteľ zaťaženia vetra:

$$C = c_e(z) \times c_{f,0} = 2,667 \times (\pm 0,9) = \pm 2,40 [-]$$

Sila na konštrukciu:

$$q_z = q_k \times C \times b = 0,50 \times (\pm 2,40) \times 0,3 = \pm 0,4 \text{ [kN/m]}$$

- Vietor pôsobiaci na oceľové tiahla – smer Y

Ekvivalentná drsnosť povrchu:  $k = 0,02 [-]$

$$\text{Pomer: } v_{(ze)} = \sqrt{\frac{2 \times q_p}{\rho}} = \sqrt{\frac{2 \times 0,5}{1,25}} = 34,8 \text{ [m/s]}$$

Súčinitele tlaku pre kruhové prierezy závisia na Reynoldsových číslach definovaných podľa vzťahu:  $Re = \frac{b \cdot v_{(ze)}}{v} = \frac{0,02 \cdot 34,8}{15 \cdot 10^{-6}} = 0,046 \cdot 10^6 [-]$

Kde :  $b$  je priemer

$v$  kinematická viskozita vzduchu ( $v = 15 \cdot 10^{-6} \text{ [m}^2/\text{s]})$

$v_{(ze)}$  maximálna rýchlosť vetru

Súčiniteľ sily z grafu:  $c_{f,0} = 1,2$

Súčiniteľ koncového efektu:  $\psi_\lambda = 1,0$

Súčiniteľ vonkajšieho tlaku  $c_{pe}$  pre kruhové válce:

$$c_{pe} = c_{p,0} \cdot \Psi_{\lambda\alpha} = 1,2 \times 1,0 = 1,2 [-]$$

- Súčinitele konštrukcie:  $c_s = 1,0 [-]$ ;  $c_a = 1,0 [-]$

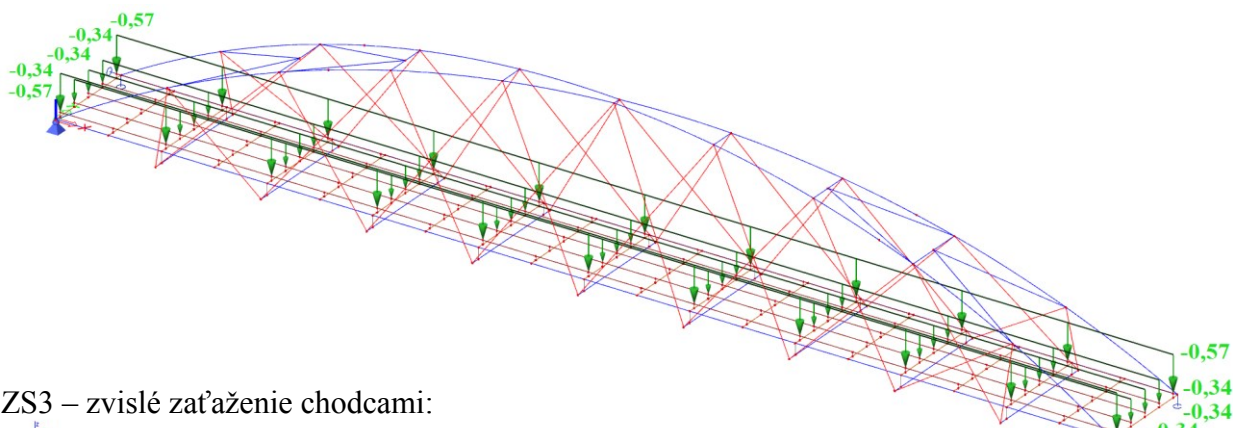
Sila pôsobiaca na oceľ. tiahla:

$$q_{k,2} = c_s \cdot c_d \cdot c_f \cdot q_p \cdot d = 1,0 \times 1,0 \times 1,2 \times 0,5 \times 0,02 = 0,02 \text{ [kN/m]}$$

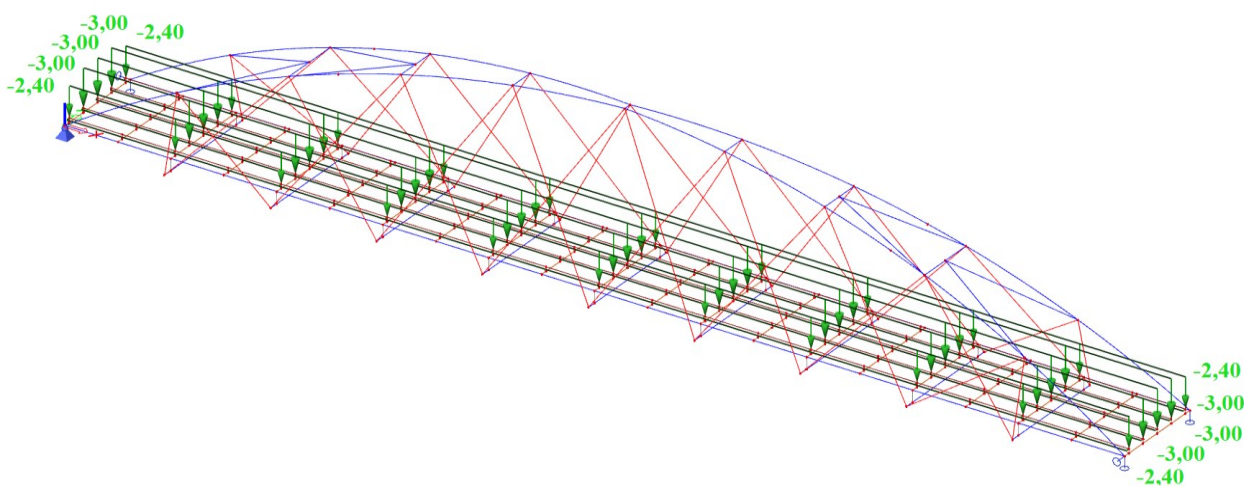
#### 4.3.2 *Zat'azovacie stavy*

ZS1 - vlastná tiaž (SCIA)

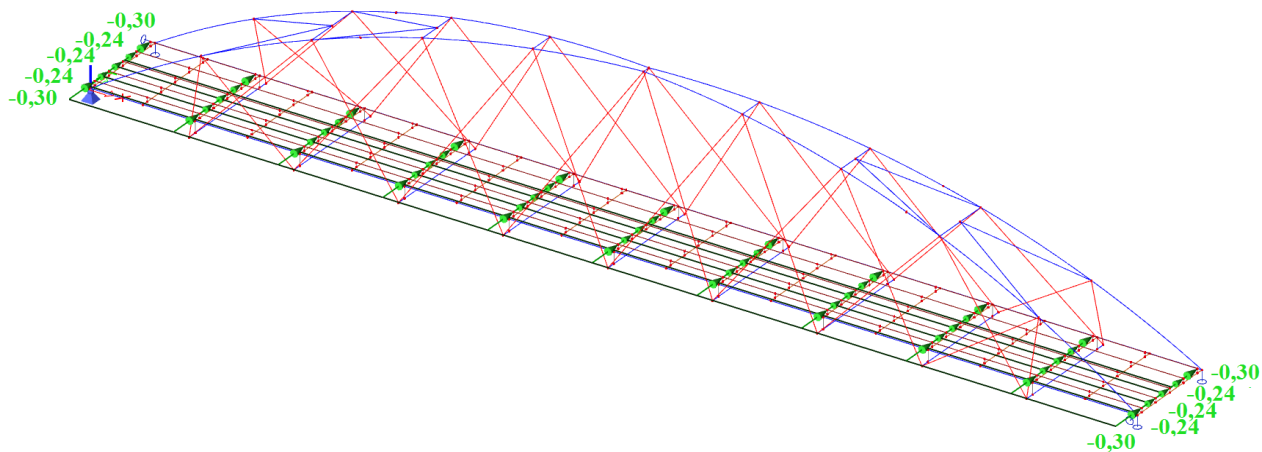
ZS2 – ostatné stáľe zat'aženie:



ZS3 – zvisľe zat'aženie chodcami:



ZS4 – vodorovné zat'aženie chodcami:



ZS5 – zaťaženie vetrom smer X

3D visualization of wind loading on a curved roof structure (ZS6). The diagram shows the roof profile with green arrows indicating wind direction and pressure distribution. The structure is supported by a blue base. The wind loading is represented by green arrows pointing towards the roof surface, with values ranging from -0,25 to 2,00. The structural analysis is shown with red and yellow lines representing the internal forces and moments within the roof structure.

A 3D visualization of a truss structure, likely a bridge or a large roof truss, showing internal force distribution. The structure is composed of green members and blue nodes. Red arrows indicate the direction and magnitude of internal forces within the members. The forces are labeled with values: -0,50, -1,00, -0,66, and -1,00. The structure is supported by a blue base at the left end. The overall shape is a long, narrow, and slightly curved truss.

### 4.3.3 Návrh a posudok prvkov

#### ❖ Oblúk

Oblúk je navrhnutý z LLD dreva pevnostnej triedy GL 28h obdĺžnikového prierezu. Rozhodujúci návrh pre únosnosť je kombinácia ohybu a vzperného tlaku.

Návrh: **GL 28h : 280 × 900 [mm]**

Prierezové charakteristiky:

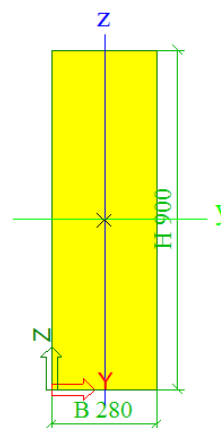
$$A = b \times h = 252 \times 10^3 \text{ [mm}^2\text{]}$$

$$W_y = \frac{1}{6} b \times h^2 = 37,80 \times 10^6 \text{ [mm}^3\text{]}$$

$$W_z = \frac{1}{6} b^2 \times h = 11,76 \times 10^6 \text{ [mm}^3\text{]}$$

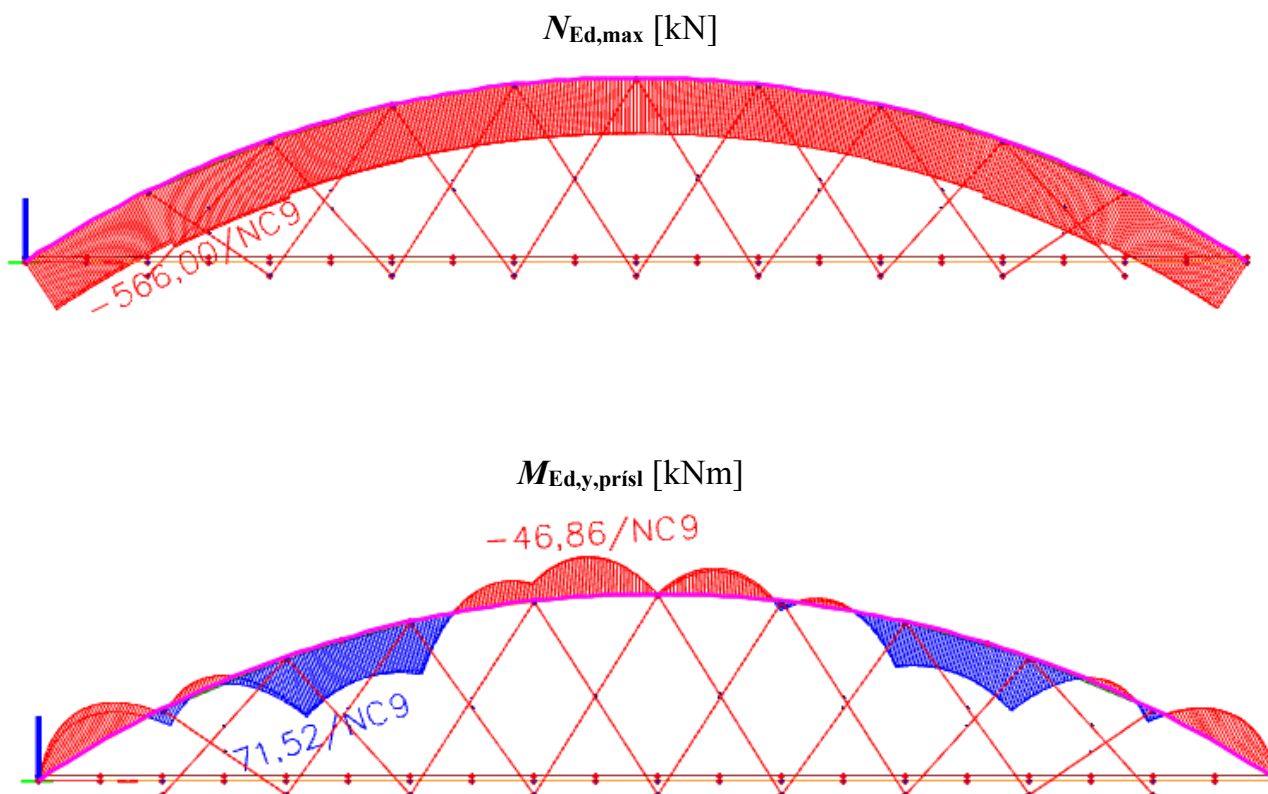
$$i_y = \sqrt{\frac{I_y}{A}} = 259,8 \text{ [mm]}$$

$$i_z = \sqrt{\frac{I_z}{A}} = 80,2 \text{ [mm]}$$

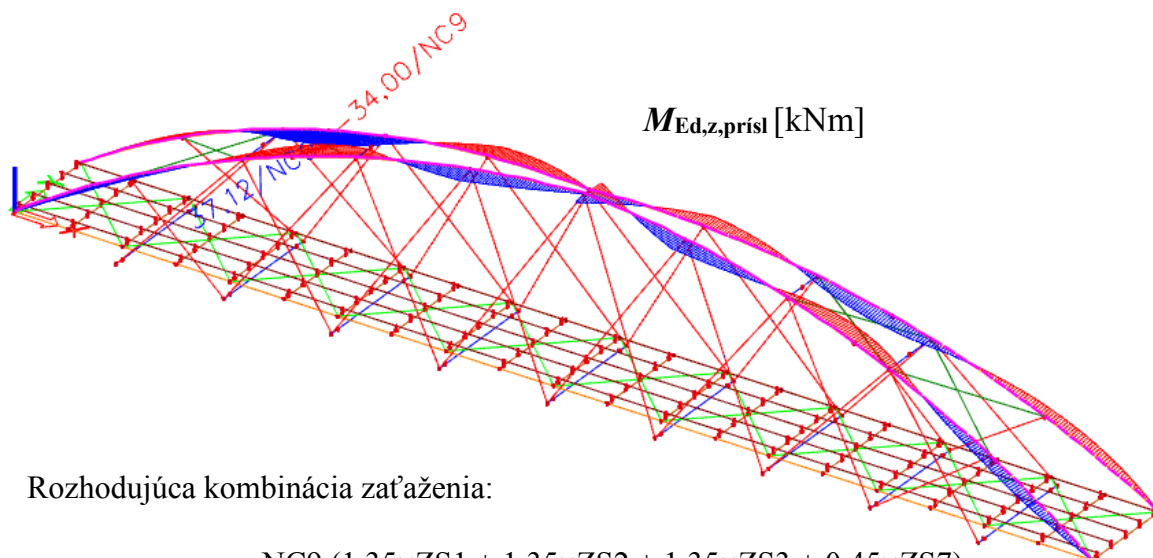


Vnútorne sily:

Rozhodujúca kombinácia pre MSÚ je **NC9**, a to max. normálová sila a príslušné ohybové momenty.







Rozhodujúca kombinácia zaťaženia:

$$\text{NC9 } (1,35 \times \text{ZS1} + 1,35 \times \text{ZS2} + 1,35 \times \text{ZS3} + 0,45 \times \text{ZS7})$$

Maximálna normálová sila:

$$N_{Ed,max} = 566,0 \text{ [kN]}$$

Príslušný návrhový ohybový moment k ose y:

$$M_{Ed,y,prisl} = 71,52 \text{ [kNm]}$$

Príslušný návrhový ohybový moment k ose z:

$$M_{Ed,z,prisl} = 37,12 \text{ [kNm]}$$

Návrhové napätie v tlaku rovnobežne s vláknami:

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N_{Ed,max}}{A} = 2,25 \text{ [MPa]}$$

Návrhové napätie v ohybu k ose y:

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_{Ed,y,prisl}}{W_y} = 1,89 \text{ [MPa]}$$

Návrhové napätie v ohybu k ose z:

$$\sigma_{m,z,d} = \frac{M_{Ed,z,prisl}}{W_z} = 3,16 \text{ [MPa]}$$

- Posúdenie MSÚ:

Vzperné dĺžky:

$$L_{cr,y} = 21\,500 \text{ [mm]}$$

$$L_{cr,z} = 9\,000 \text{ [mm]}$$

Štíhlosť prvku:

$$\lambda_y = \frac{L_{cr,y}}{i_y} = 82,75 \text{ [-]}$$

$$\lambda_z = \frac{L_{cr,z}}{i_z} = 111,35 \text{ [-]}$$

Pomerné štíhlosti:

$$\lambda_{rel,y} = \frac{\lambda_y}{\pi} \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}} = 1,38 \text{ [-]}$$

$$\lambda_{rel,z} = \frac{\lambda_z}{\pi} \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}} = 1,86 \text{ [-]}$$



Súčiniteľ priamosti (LLD):  $\beta_c=0,1$  [-]

Súčinitele:

$$k_y = 0,5(1 + \beta_c(\lambda_{rel,y} - 0,3) + \lambda_{rel,y}^2) = 1,512 \text{ [-]}$$

$$k_z = 0,5(1 + \beta_c(\lambda_{rel,z} - 0,3) + \lambda_{rel,z}^2) = 2,312 \text{ [-]}$$

Súčinitele vzpernosti:  $k_{c,y}; k_{c,z}$

$$k_{c,y} = \frac{1}{k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel,y}^2}} = 0,47 \text{ [-]}; \quad k_{c,z} = \frac{1}{k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{rel,z}^2}} = 0,27 \text{ [-]}$$

Súčiniteľ zohľadňujúci redistribúciu ohybových napätí v prierezu:  $k_m=0,7$  [-]

**Posúdenie MSÚ:**

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y}f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,d}} \leq 1$$

$$\frac{2,25}{0,47 \cdot 14,84} + \frac{1,89}{15,68} + 0,7 \frac{3,16}{15,68} \leq 1$$

$$0,59 \leq 1 \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z}f_{c,0,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,d}} \leq 1$$

$$\frac{2,25}{0,27 \cdot 14,84} + 0,7 \frac{1,89}{15,68} + \frac{3,16}{15,68} \leq 1$$

$$0,84 \leq 1 \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

• Posúdenie MSP:

Súčiniteľ dotvarovania (LLD; trieda prevádzky 3):  $k_{def} = 2,0$  [-]

Kombinačné súčinitele:  $\psi_{0,7} = 0,3$  [-];  $\psi_{2,7} = 0$  [-];  $\psi_{2,3} = 0$  [-]

Okamžitý prieťah:

Konečný prieťah:

$$w_{inst,ZS1} = 2,2 \text{ [mm]}$$

$$w_{fin,ZS1} = w_{inst,ZS1} \times (1 + k_{def}) = 7,5 \text{ [mm]}$$

$$w_{inst,ZS2} = 1,1 \text{ [mm]}$$

$$w_{fin,ZS2} = w_{inst,ZS2} \times (1 + k_{def}) = 3,3 \text{ [mm]}$$

$$w_{inst,ZS3} = 7,9 \text{ [mm]}$$

$$w_{fin,ZS3} = w_{inst,ZS3} \times (1 + \psi_{2,3} \times k_{def}) = 7,9 \text{ [mm]}$$

$$w_{inst,ZS7} = 1,9 \text{ [mm]}$$

$$w_{fin,ZS7} = w_{inst,ZS7} \times (\psi_{0,7} + \psi_{2,7} \times k_{def}) = 0,6 \text{ [mm]}$$

$$w_{inst} = w_{inst,G,L1} + w_{inst,G,L2} + w_{inst,L3} + \psi_{0,7} \times w_{inst,L7} = 12,3 \text{ [mm]}$$

$$w_{fin} = w_{fin,G,L1} + w_{fin,G,L2} + w_{fin,L3} + w_{fin,L7} = 19,3 \text{ [mm]}$$

### Posúdenie MSP :

Posúdenie okamžitého priehybu:

$$w_{\text{inst}} \leq \frac{l}{300}$$

$$12,3 \text{ [mm]} \leq 72 \text{ [mm]} \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

Posúdenie konečného priehybu:

$$w_{\text{fin}} \leq \frac{l}{250}$$

$$19,3 \text{ [mm]} \leq 86 \text{ [mm]} \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

Posúdenie okamžitého priehybu spôsobený chodcami:

$$w_{\text{inst}} \leq \frac{l}{400}$$

$$7,9 \text{ [mm]} \leq 54 \text{ [mm]} \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

### ❖ Trám

Zavesené trámy sú navrhnuté z LLD pevnostnej triedy GL 28h obdĺžnikového prierezu. Rozhodujúca únosnosť pre návrh je kombinácia ohybu a ťahu rovnobežne s vláknami.

Návrh:

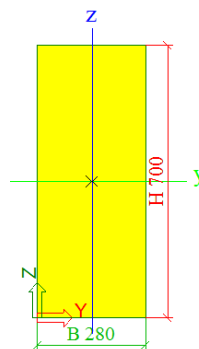
**GL 28h : 280 × 700 [mm]**

Prierezové charakteristiky:

$$A = b \times h = 320 \times 10^3 \text{ [mm}^2\text{]}$$

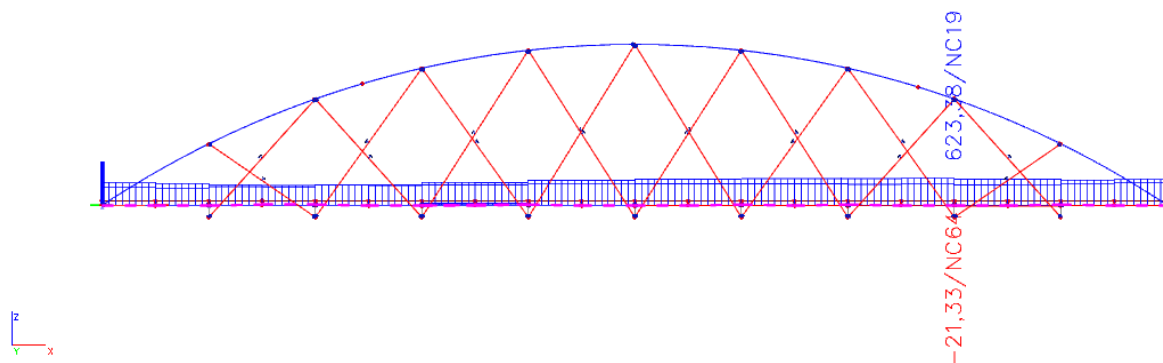
$$W_y = \frac{1}{6} b \times h^2 = 53,33 \times 10^6 \text{ [mm}^3\text{]}$$

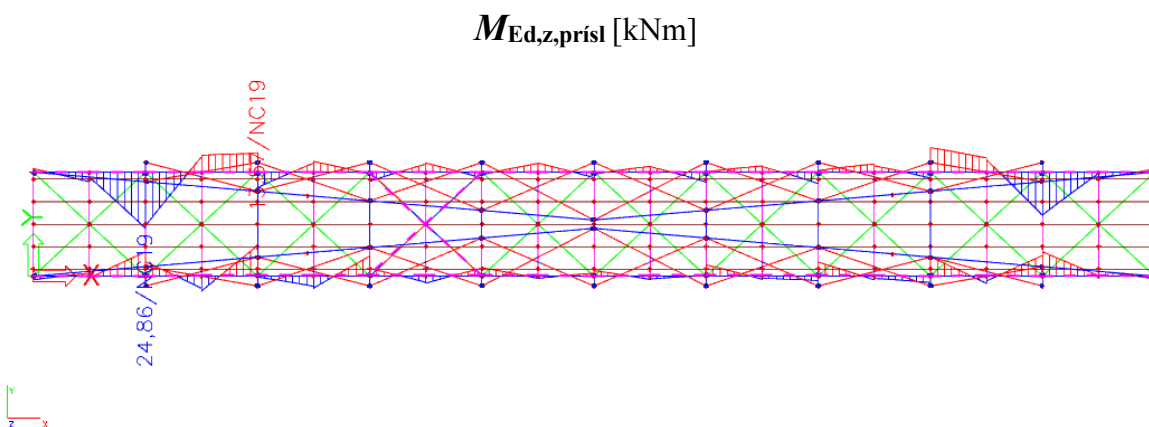
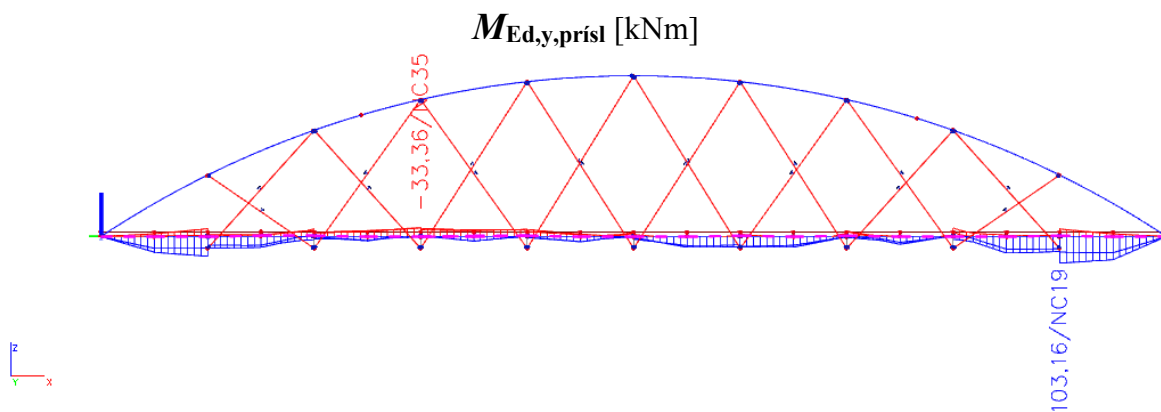
$$W_z = \frac{1}{6} b^2 \times h = 53,33 \times 10^6 \text{ [mm}^3\text{]}$$



Vnútorne sily:

$N_{\text{Ed,max}}$  [kN]





Rozhodujúca kombinácia zaťaženia pre MSÚ je **NC19**, a to max. normálová sila a príslušné ohybové momenty.

$$\text{NC19 } (1,35 \times \text{ZS1} + 1,35 \times \text{ZS2} + 0,45 \times \text{ZS6})$$

Maximálna normálová sila:

$$N_{\text{Ed,max}} = 623,9 \text{ [kN]}$$

Príslušný návrhový ohybový moment k ose y:

$$M_{\text{Ed,y,prisl}} = 103,2 \text{ [kNm]}$$

Príslušný návrhový ohybový moment k ose z:

$$M_{\text{Ed,z,prisl}} = 24,9 \text{ [kNm]}$$

Návrhové napätie v ťahu rovnobežne s vláknami:

$$\sigma_{t,0,d} = \frac{N_{\text{Ed,max}}}{A} = 3,18 \text{ [MPa]}$$

Návrhové napätie v ohybu k ose y:

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_{\text{Ed,y,prisl}}}{W_y} = 4,51 \text{ [MPa]}$$

Návrhové napätie v ohybu k ose z:

$$\sigma_{m,z,d} = \frac{M_{\text{Ed,z,prisl}}}{W_z} = 2,72 \text{ [MPa]}$$

## Posúdenie na MSÚ - kombinácia ohybu a osového ťahu

Súčiniteľ zohľadňujúci redistribúciu ohybových napätí v prierezu:  $k_m=0,7[-]$

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,d}} \leq 1$$

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,d}} \leq 1$$

$$\frac{3,18}{10,92} + \frac{4,51}{15,68} + 0,7 \frac{2,72}{15,68} \leq 1$$

$$\frac{3,18}{10,92} + 0,7 \frac{4,51}{15,68} + \frac{2,72}{15,68} \leq 1$$

$$0,71 \leq 1 \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

$$0,67 \leq 1 \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

- Posudok MSP:

Súčiniteľ dotvarovania (LLD; trieda prevádzky 3):  $k_{def} = 2,0 [-]$

Kombinačné súčinitele:  $\psi_{0,7} = 0,3 [-]$ ;  $\psi_{2,7} = 0 [-]$ ;  $\psi_{2,3} = 0 [-]$

Okamžitý prieťah:

Konečný prieťah:

$$w_{inst,ZS1} = 2,6 \text{ [mm]}$$

$$w_{fin,ZS1} = w_{inst,ZS1} \times (1 + k_{def}) = 7,8 \text{ [mm]}$$

$$w_{inst,ZS2} = 1,7 \text{ [mm]}$$

$$w_{fin,ZS2} = w_{inst,ZS2} \times (1 + k_{def}) = 5,1 \text{ [mm]}$$

$$w_{inst,ZS3} = 11,4 \text{ [mm]}$$

$$w_{fin,ZS3} = w_{inst,ZS3} \times (1 + \psi_{2,3} \times k_{def}) = 11,4 \text{ [mm]}$$

$$w_{inst,ZS7} = 2,3 \text{ [mm]}$$

$$w_{fin,ZS7} = w_{inst,ZS7} \times (\psi_{0,7} + \psi_{2,7} \times k_{def}) = 0,7 \text{ [mm]}$$

$$w_{inst} = w_{inst,ZS1} + w_{inst,ZS2} + w_{inst,ZS3} + \psi_{0,7} \times w_{inst,ZS7} = 16,4 \text{ [mm]}$$

$$w_{fin} = w_{fin,ZS1} + w_{fin,ZS2} + w_{fin,ZS3} + w_{fin,ZS7} = 25,0 \text{ [mm]}$$

## Posúdenie MSP :

Posúdenie okamžitého prieťahu:

$$w_{inst} \leq \frac{l}{300}$$

$$16,4 \text{ [mm]} \leq 72 \text{ [mm]} \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

Posúdenie konečného prieťahu:

$$w_{fin} \leq \frac{l}{250}$$

$$25,0 \text{ [mm]} \leq 86 \text{ [mm]} \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

Posúdenie okamžitého prieťahu spôsobený chodcami:

$$w_{inst} \leq \frac{l}{400}$$

$$11,4 \text{ [mm]} \leq 54 \text{ [mm]} \rightarrow \text{Vyhovuje}$$



## ❖ Oceľové tiahla

Použité oceľové tiahla sú Mecalloy 460. Údaje o únosnosti sú zobrazené v tabuľke určenej výrobcom.

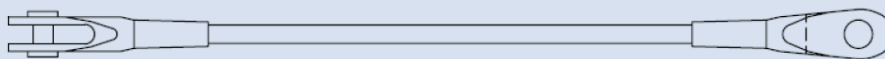
- Mechanické vlastnosti tiahla:

Medza klzu:  $f_y = 460$  [MPa]      Minimálna ťažnosť: 15 %

Medza pevnosti:  $f_u = 610$  [MPa]      Modul pružnosti:  $E = 190$  [GPa]

**Tabuľka 1: Vlastnosti táh Mecalloy ve standardním provedení a v nerez provedení**

Závit	jednotka	M10	M12	M16	M20	M24	M30	M36	M42	M48	M56	M64	M76	M85	M90*	M100*
Průměr táhla	mm	10	11	15	19	22	28	34	39	45	52	60	72	82	87	97
Minimální mez kluzu	kN	25	36	69	108	156	249	364	501	660	912	1204	1756	2239	2533	3172
Minimální mez pevnosti	kN	33	48	91	143	207	330	483	665	875	1209	1596	2329	2969	3358	4206
Hmotnost táhla	Kg/m	0,50	0,75	1,40	2,20	3,00	4,80	7,10	9,40	12,50	16,70	22,20	32,00	41,50	46,70	58,00

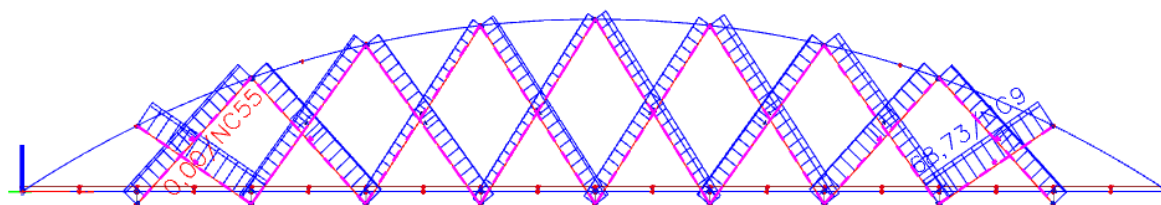
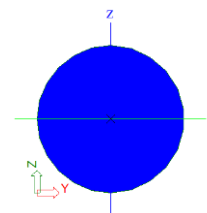


Návrh tiahla:

**M 20**

**Priemer:  $D = 19$  [mm]**

**Únosnosť:  $N_{Rd} = 108$  [kN]**



Rozhodujúca kombinácia zaťaženia:

$$NC9 (1,35 \times ZS1 + 1,35 \times ZS2 + 1,35 \times ZS3 + 0,45 \times ZS7)$$

- Maximálna návrhová normálová sila:  $N_{Ed} = 68,73$  [kN]

**Posúdenie na MSÚ:**

$$N_{Ed} \leq N_{Rd}$$

$$68,7 \text{ [kN]} \leq 108 \text{ [kN]}$$

→ **Vyhovuje**

### ❖ Priečník

Priečník je navrhnutý z konštrukčnej ocele pevnostnej triedy S355. Rozhodujúci návrh pre únosnosť v ohybu a šmyku.

Návrh: **HEA 140**

Prierezové charakteristiky:

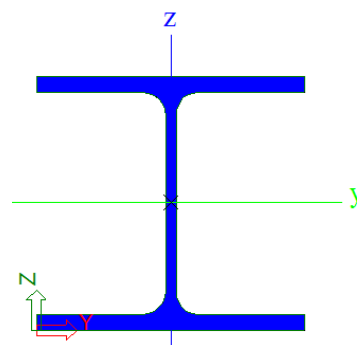
$$A_w = 638 \text{ [mm}^2\text{]}$$

$$W_{y,el} = 155,358 \times 10^3 \text{ [mm}^3\text{]}$$

$$W_{z,el} = 55,617 \times 10^3 \text{ [mm}^3\text{]}$$

$$i_y = \sqrt{\frac{I_y}{A}} = 57 \text{ [mm]}$$

$$i_z = \sqrt{\frac{I_z}{A}} = 35 \text{ [mm]}$$



Zatriedenie prierezu:

Stojina:  $\frac{h_w}{t_w} = \frac{118}{6} = 19,7 \leq 72 \times \varepsilon = 58,58 \text{ [-]} \rightarrow \text{trieda prierezu 1}$

Pásnica:  $\frac{b_c}{t_c} = \frac{64}{9} = 7,1 \leq 9 \times \varepsilon = 7,3 \text{ [-]} \rightarrow \text{trieda prierezu 1}$

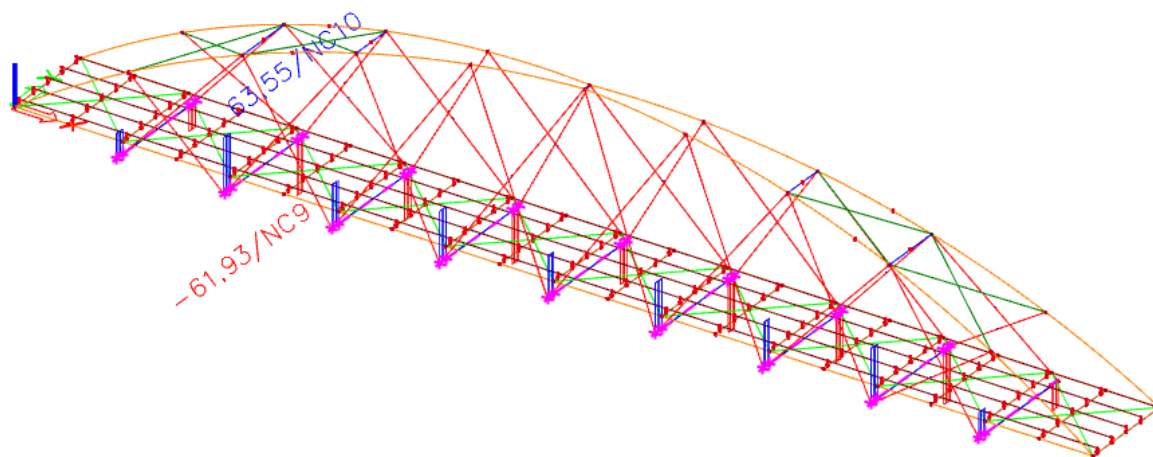
Súčiniteľ materiálu:  $\gamma_{M1} = 1,0 \text{ [-]}$

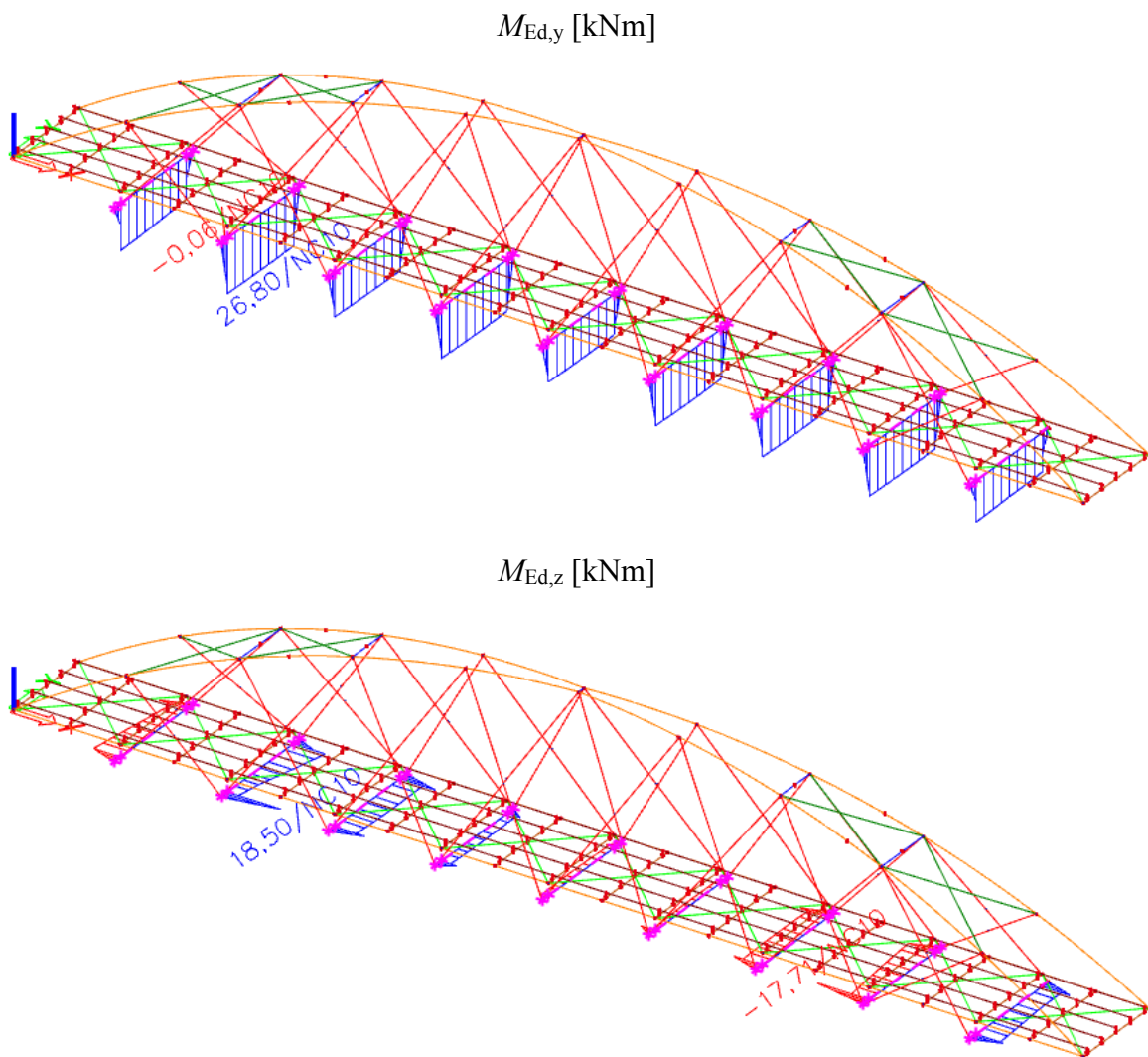
Návrhová pevnosť materiálu:

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_{M1}} = \frac{355}{1,0} = 355 \text{ [MPa]}$$

Vnútorne sily:

$V_{Ed} \text{ [kN]}$





Rozhodujúca nelineárna kombinácia zaťaženia NC10 pre max. posúvajúcu silu a pre max. ohybový moment.

$$NC10 (1,35 \times ZS1 + 1,35 \times ZS2 + 1,35 \times ZS3 + 0,45 \times ZS7)$$

Maximálna normálová sila :	$N_{Ed} = 32,6$ [kN]
----------------------------	----------------------

Maximálna posúvajúca sila :	$V_{Ed,z} = 63,6$ [kN]
-----------------------------	------------------------

Maximálny návrhový ohybový moment k ose y:	$M_{Ed,y} = 26,8$ [kNm]
--	-------------------------

Príslušný návrhový ohybový moment k ose z:	$M_{Ed,z} = 18,5$ [kNm]
--	-------------------------

Návrhová ohybová odolnosť k ose y:

$$M_{Rd,y} = \frac{W_{y,el} \times f_{yd}}{\gamma_0} = 61,59 \text{ [kN]}$$

Návrhová ohybová odolnosť k ose z:

$$M_{Rd,z} = \frac{W_{z,el} \times f_{yd}}{\gamma_0} = 41,746 \text{ [kN]}$$

Návrhové šmyková odolnosť:

$$V_{pl,Rd,z} = \frac{A_w \times f_{yd}}{\gamma_0 \times \sqrt{3}} = 130,8 \text{ [kN]}$$

**Posúdenie MSÚ – malý šmyk:**

$$V_{Ed} \leq V_{pl,Rd,z}$$

$$63,6 \text{ [kN]} \leq 130,8 \text{ [kN]} \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

Únosnosť v tlaku s vplyvom vzperu:

$$\text{dĺžka:} \quad L = 4\,500 \text{ [mm]}$$

$$\text{vzperná dĺžka:} \quad L_{cr,y} = L = 4\,500 \text{ [mm]}$$

$$L_{cr,z} = 4\,000 \text{ [mm]}$$

Štíhlosť:

$$\lambda_y = \frac{L_{cr,y}}{i} = \frac{4500}{57} = 78,95 \text{ [-]}$$

$$\lambda_z = \frac{L_{cr,z}}{i} = \frac{4000}{35} = 114,29 \text{ [-]}$$

$$\lambda_1 = 93,9 \times \varepsilon = 93,9 \times \sqrt{\frac{235}{f_y}} = 93,9 \times \sqrt{\frac{235}{355}} = 76,40 \text{ [-]}$$

$$\text{Pomerná štíhlosť:} \quad \bar{\lambda}_y = \frac{\lambda_y}{\lambda_1} = \frac{78,95}{76,40} = 1,03 \text{ [-]}$$

$$\bar{\lambda}_z = \frac{\lambda_z}{\lambda_1} = \frac{114,29}{76,40} = 1,50 \text{ [-]}$$

$$\text{Súčiniteľ imperfekcie:} \quad \alpha = 0,21 \text{ [-]}$$

$$\phi_y = 0,5 \times \left[ 1 + \alpha \times (\bar{\lambda}_y - 0,2) + \bar{\lambda}_y^{-2} \right] = 1,114 \text{ [-]}$$

$$\phi_z = 0,5 \times \left[ 1 + \alpha \times (\bar{\lambda}_z - 0,2) + \bar{\lambda}_z^{-2} \right] = 1,755 \text{ [-]}$$

Súčiniteľ vzpernosti:

$$\chi_y = \frac{1}{\phi_y + \sqrt{\phi_y^2 + \lambda_y^2}} = 0,380 \text{ [-]}$$

$$\chi_z = \frac{1}{\phi_z + \sqrt{\phi_z^2 + \lambda_z^2}} = 0,246 \text{ [-]}$$



Vzperná únosnosť:

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi_z \times A \times f_{yd}}{\gamma_{M1}}$$

$$N_{b,Rd} = \frac{0,246 \times 3,142 \cdot 10^{-6} \times 355 \cdot 10^6}{1,0} = 274,62 \text{ [kN]}$$

**Posúdenie MSÚ** – kombinácia vzperného tlaku a dvojsového ohybu

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} + \frac{M_{Ed,Y}}{M_{Rd,Y}} + \frac{M_{Ed,Z}}{M_{Rd,Z}} < 1$$

$$\frac{32,6}{276,7} + \frac{26,8}{61,59} + \frac{18,5}{41,76} < 1$$

$$0,12 + 0,40 + 0,43 < 1$$

$$0,95 \leq 1 \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

- Posúdenie MSP:

$$L = 4500 \text{ [mm]}$$

Posúdenie priehybu:

$$\delta \leq \frac{l}{300}$$

$$12,8 \text{ [mm]} \leq 15,0 \text{ [mm]} \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

#### ❖ Priečník mostovky

Priečník mostovky je navrhnutý z LLD dreva pevnostnej triedy GL 28h obdĺžnikového prierezu. Rozhodujúci návrh je pre únosnosť šmyku a kombinácia ohybu a osového tlaku.

Návrh:

**GL 28h : 140 × 260 [mm]**

Prierezové charakteristiky:

$$A = b \times h = 36,40 \times 10^3 \text{ [mm}^2\text{]}$$

$$W_y = \frac{1}{6} b \times h^2 = 15,773 \times 10^5 \text{ [mm}^3\text{]}$$

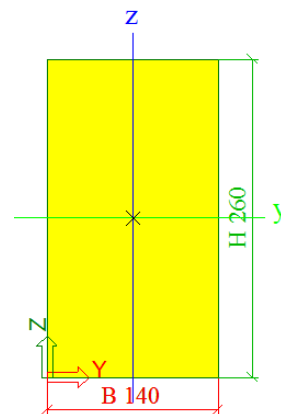
$$W_z = \frac{1}{6} b^2 \times h = 8,493 \times 10^5 \text{ [mm}^3\text{]}$$

Účinná plocha prierezu  $A_{ef}$  podľa ČSN EN 1995-1-1/A1:

$$k_{cr} = 0,67 \text{ [-]}$$

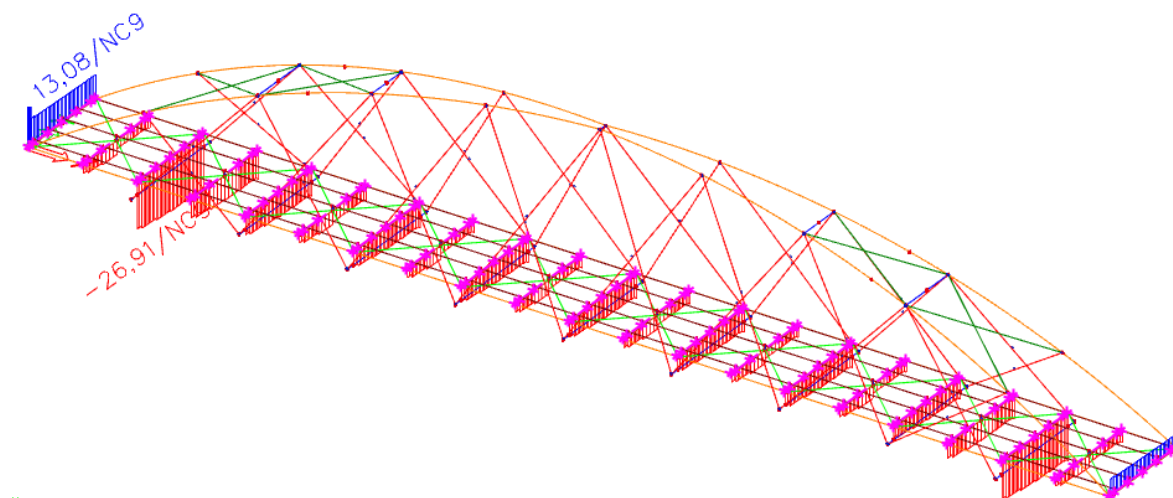
$$b_{ef} = k_{cr} \times b = 0,67 \times 140 = 94,0 \text{ [mm]}$$

$$A_{ef} = b_{ef} \times h = 94,0 \times 260 = 24\,388 \text{ [mm}^2\text{]}$$

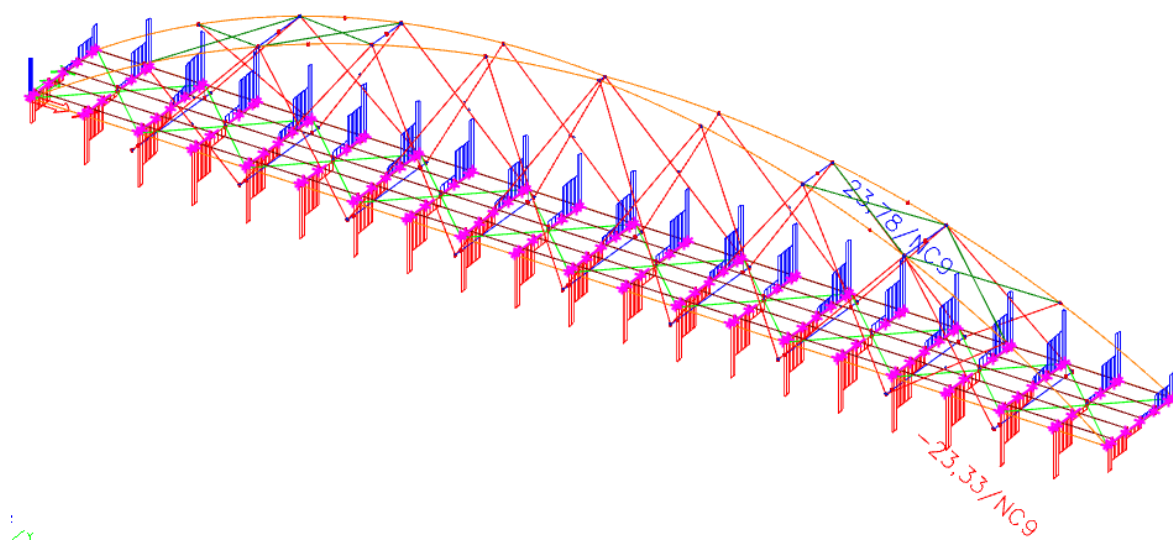


Vnútročné sily:

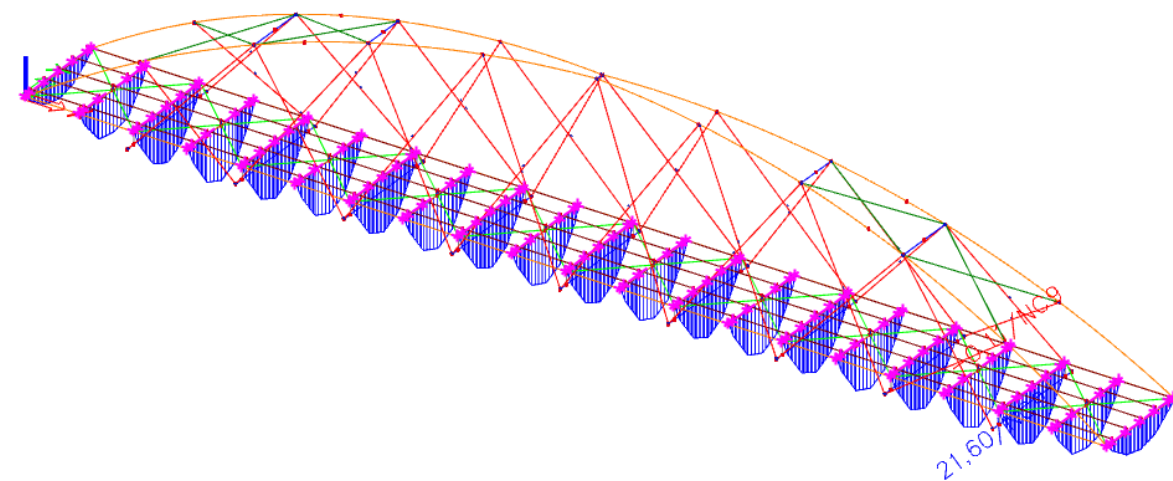
$N_{Ed}$  [kN]



$V_{Ed,z}$  [kN]



$M_{Ed,y}$  [kNm]



Rozhodujúca kombinácia zaťaženia pre max. posúvajúcu silu a pre max. ohybový moment je NC9: NC 9 (1,35×ZS1 + 1,35×ZS2 + 1,35×ZS3 + 0,45×ZS7)

Príslušná normálová sila:  $N_{Ed,prisl} = 26,90$  [kN]

Maximálna posúvajúca sila :  $V_{Ed,z,max} = 23,78$  [kN]

Maximálny návrhový ohybový moment k ose y:  $M_{Ed,y,max} = 21,60$  [kNm]

Príslušný návrhový ohybový moment k ose z:  $M_{Ed,z,prisl} = 0,28$  [kNm]

Návrhové napätie v tlaku rovnobežne s vláknami:

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N_{Ed,prisl}}{A} = 0,74 \text{ [MPa]}$$

Návrhové napätie v ohybu k ose y:

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_{Ed,y,max}}{W_y} = 13,69 \text{ [MPa]}$$

Návrhové napätie v ohybu k ose z:

$$\sigma_{m,z,d} = \frac{M_{Ed,z,prisl}}{W_z} = 0,33 \text{ [MPa]}$$

Návrhové šmykové napätie:

$$\tau_{d,z} = \frac{3}{2} \frac{V_{Ed,z}}{A_{ef}} = 1,46 \text{ [MPa]}$$

**Posúdenie MSÚ - šmyk:**

$$\tau_{d,z} \leq f_{m,d}$$

$$1,46 \text{ [MPa]} \leq 1,96 \text{ [MPa]} \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

**Posúdenie MSÚ - kombinácia ohybu a osového tlaku:**

$$\left( \frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,d}} \leq 1$$

$$\left( \frac{0,74}{14,84} \right)^2 + \frac{13,69}{15,68} + 0,7 \frac{0,33}{15,68} \leq 1$$

$$0,89 \leq 1 \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

$$\left( \frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}} \right)^2 + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,d}} \leq 1$$

$$\left( \frac{0,74}{14,84} \right)^2 + 0,7 \frac{13,69}{15,68} + \frac{0,33}{15,68} \leq 1$$

$$0,64 \leq 1 \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

- Posudok MSP:

Súčiniteľ dotvarovania (LLD; trieda prevádzky 3):

$$k_{\text{def}} = 2,0 [-]$$

Kombinačné súčinitele:  $\psi_{0,7} = 0,3 [-]$ ;  $\psi_{2,7} = 0 [-]$ ;  $\psi_{2,3} = 0 [-]$

Okamžitý prieťah:

$$w_{\text{inst,ZS1}} = 0,4 [\text{mm}]$$

$$w_{\text{inst,ZS2}} = 0,9 [\text{mm}]$$

$$w_{\text{inst,ZS3}} = 6,7 [\text{mm}]$$

$$w_{\text{inst,ZS7}} = 0,9 [\text{mm}]$$

Konečný prieťah:

$$w_{\text{fin,ZS1}} = w_{\text{inst,ZS1}} \times (1 + k_{\text{def}}) = 1,2 [\text{mm}]$$

$$w_{\text{fin,ZS2}} = w_{\text{inst,ZS2}} \times (1 + k_{\text{def}}) = 2,7 [\text{mm}]$$

$$w_{\text{fin,ZS3}} = w_{\text{inst,ZS3}} \times (1 + \psi_{2,3} \times k_{\text{def}}) = 6,7 [\text{mm}]$$

$$w_{\text{fin,ZS7}} = w_{\text{inst,ZS7}} \times (\psi_{0,7} + \psi_{2,7} \times k_{\text{def}}) = 0,3 [\text{mm}]$$

$$w_{\text{inst}} = w_{\text{inst,ZS1}} + w_{\text{inst,ZS2}} + w_{\text{inst,ZS3}} + \psi_{0,7} \times w_{\text{inst,ZS7}} = 8,3 [\text{mm}]$$

$$w_{\text{fin}} = w_{\text{fin,ZS1}} + w_{\text{fin,ZS2}} + w_{\text{fin,ZS3}} + w_{\text{fin,ZS7}} = 25,5 [\text{mm}]$$

**Posúdenie MSP :**

$$L = 3700 [\text{mm}]$$

Posúdenie okamžitého prieťahu:

$$w_{\text{inst}} \leq \frac{l}{300}$$

$$8,3 [\text{mm}] \leq 12 [\text{mm}] \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

Posúdenie konečného prieťahu:

$$w_{\text{fin}} \leq \frac{l}{250}$$

$$10,9 [\text{mm}] \leq 14,8 [\text{mm}] \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

Posúdenie okamžitého prieťahu spôsobený chodcami:

$$w_{\text{inst}} \leq \frac{l}{400}$$

$$6,7 [\text{mm}] \leq 9,3 [\text{mm}] \rightarrow \text{Vyhovuje}$$



### ❖ Pozdĺžnik

Priečnik mostovky je navrhnutý z rasteného dreva pevnostnej triedy C24 obdĺžnikového prierezu. Rozhodujúci návrh je pre únosnosť šmyku a kombinácia ohybu a osového tlaku.

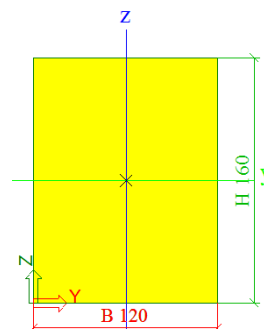
Návrh: **C24 : 120 × 160 [mm]**

Prierezové charakteristiky:

$$A = b \times h = 19,2 \times 10^3 \text{ [mm}^2\text{]}$$

$$W_y = \frac{1}{6} b \times h^2 = 5,12 \times 10^5 \text{ [mm}^3\text{]}$$

$$W_z = \frac{1}{6} b^2 \times h = 3,84 \times 10^5 \text{ [mm}^3\text{]}$$



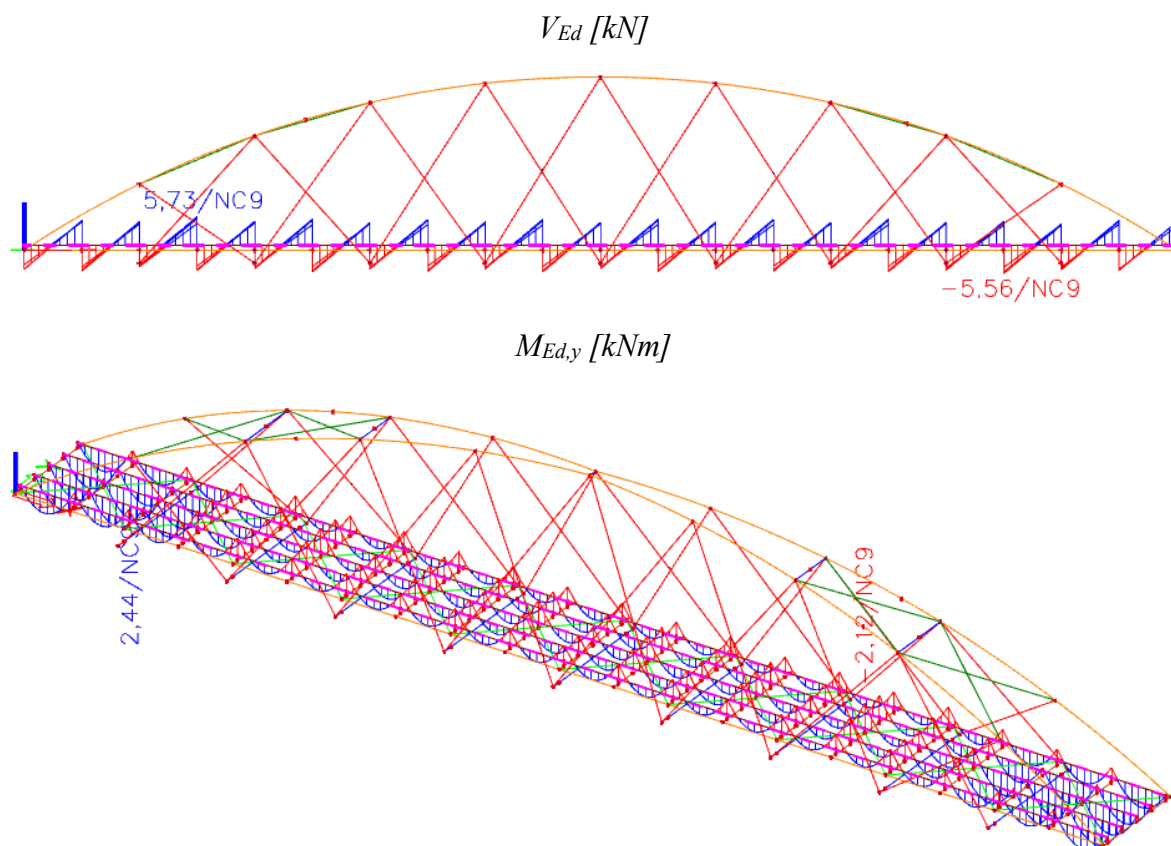
Účinná plocha prierezu  $A_{ef}$  podľa ČSN EN 1995-1-1/A1:

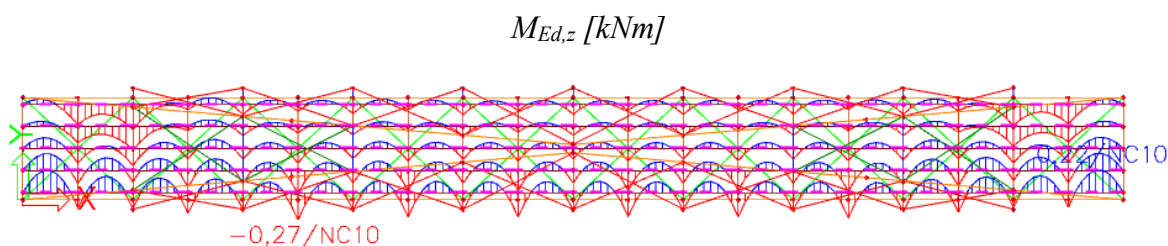
$$k_{cr} = 0,67 \text{ [-]}$$

$$b_{ef} = k_{cr} \times b = 0,67 \times 120 = 67,0 \text{ [mm]}$$

$$A_{ef} = b_{ef} \times h = 67,0 \times 160 = 10720 \text{ [mm}^2\text{]}$$

Vnútorne sily:





Rozhodujúca kombinácia zaťaženia NC9:

$$NC\ 9\ (1,35 \times ZS1 + 1,35 \times ZS2 + 1,35 \times ZS3 + 0,45 \times ZS6)$$

Maximálna posúvajúca sila :  $V_{Ed,z,max} = 5,73\ [kN]$

Príslušný návrhový ohybový moment k ose y:  $M_{Ed,y,max} = 2,44\ [kNm]$

Príslušný návrhový ohybový moment k ose z:  $M_{Ed,z,prisl} = 0,22\ [kNm]$

Návrhové napätie v ohybu k ose y:

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_{Ed,y,max}}{W_y} = 4,77\ [MPa]$$

Návrhové napätie v ohybu k ose z:

$$\sigma_{m,z,d} = \frac{M_{Ed,z,prisl}}{W_z} = 0,70\ [MPa]$$

Návrhové šmykové napätie:

$$\tau_{d,z} = \frac{3}{2} \frac{V_{Ed,z}}{A_{ef}} = 0,59\ [MPa]$$

**Posúdenie MSÚ - šmyk:**

$$\tau_{d,z} \leq f_{m,d}$$

$$0,59\ [MPa] \leq 2,15\ [MPa] \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

**Posúdenie na MSÚ - ohybu k ose y**

Súčiniteľ zohľadňujúci redistribúciu ohybových napätí v prierezu:  $k_m = 0,7[-]$

$$\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,d}} \leq 1$$

$$\frac{4,77}{12,92} + 0,7 \frac{0,70}{12,92} \leq 1$$

$$0,41 \leq 1 \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

$$k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,d}} \leq 1$$

$$0,7 \frac{4,77}{12,92} + \frac{0,70}{12,92} \leq 1$$

$$0,31 \leq 1 \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

- Posudok MSP:

Súčiniteľ dotvarovania (trieda prevádzky 3):

$$k_{\text{def}} = 2,0 [-]$$

Kombinačné súčinitele:  $\psi_{0,7} = 0,3 [-]$ ;  $\psi_{2,7} = 0 [-]$ ;  $\psi_{2,3} = 0 [-]$

Okamžitý prieťah:

Konečný prieťah:

$$w_{\text{inst,ZS1}} = 0,4 [\text{mm}]$$

$$w_{\text{fin,ZS1}} = w_{\text{inst,ZS1}} \times (1 + k_{\text{def}}) = 1,2 [\text{mm}]$$

$$w_{\text{inst,ZS2}} = 0,9 [\text{mm}]$$

$$w_{\text{fin,ZS2}} = w_{\text{inst,ZS2}} \times (1 + k_{\text{def}}) = 2,7 [\text{mm}]$$

$$w_{\text{inst,ZS3}} = 2,4 [\text{mm}]$$

$$w_{\text{fin,ZS3}} = w_{\text{inst,ZS3}} \times (1 + \psi_{2,3} \times k_{\text{def}}) = 2,4 [\text{mm}]$$

$$w_{\text{inst,ZS7}} = 0,3 [\text{mm}]$$

$$w_{\text{fin,ZS7}} = w_{\text{inst,ZS7}} \times (\psi_{0,7} + \psi_{2,7} \times k_{\text{def}}) = 0,1 [\text{mm}]$$

$$w_{\text{inst}} = w_{\text{inst,ZS1}} + w_{\text{inst,ZS2}} + w_{\text{inst,ZS3}} + \psi_{0,7} \times w_{\text{inst,ZS7}} = 3,8 [\text{mm}]$$

$$w_{\text{fin}} = w_{\text{fin,ZS1}} + w_{\text{fin,ZS2}} + w_{\text{fin,ZS3}} + w_{\text{fin,ZS7}} = 6,3 [\text{mm}]$$

**Posúdenie MSP :**

$$L = 2000 [\text{mm}]$$

Posúdenie okamžitého prieťahu:

$$w_{\text{inst}} \leq \frac{l}{300}$$

$$2,8 [\text{mm}] \leq 6,7 [\text{mm}] \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

Posúdenie konečného prieťahu:

$$w_{\text{fin}} \leq \frac{l}{250}$$

$$6,3 [\text{mm}] \leq 8,0 [\text{mm}] \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

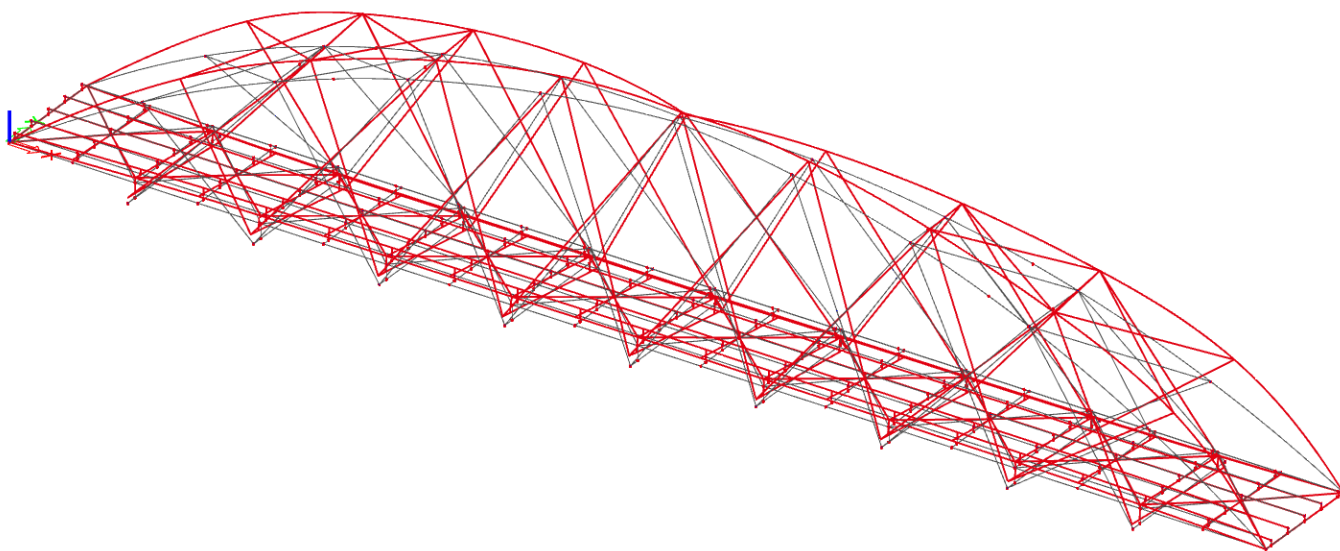
Posúdenie okamžitého prieťahu spôsobený chodcami:

$$w_{\text{inst}} \leq \frac{l}{400}$$

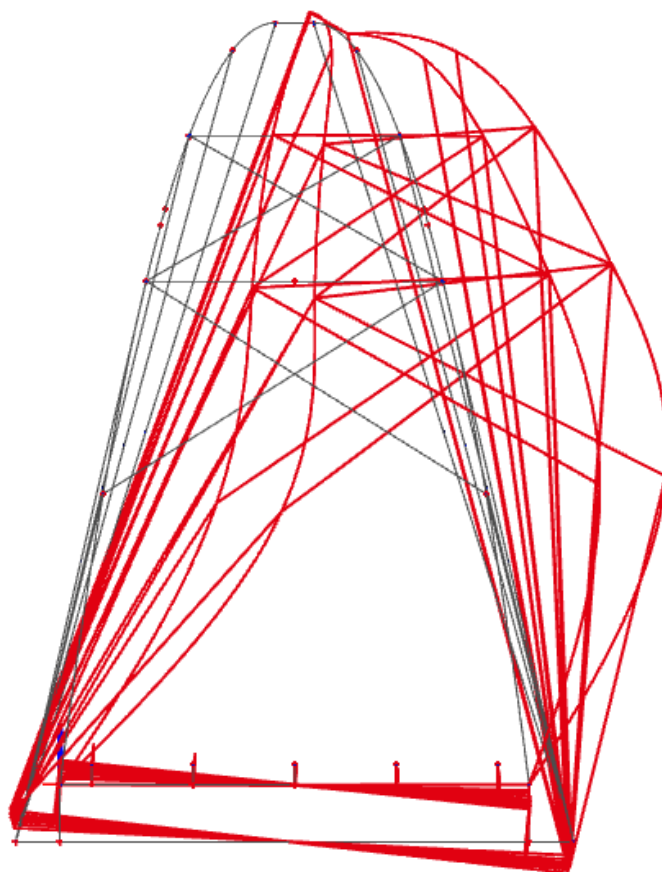
$$2,4 [\text{mm}] \leq 5,0 [\text{mm}] \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

#### 4.3.4 *Stabilita*

Bol zhotovený nelineárny stabilitný výpočet pre stabilitné kombinácie v programe Scia Engineer. Výsledkom je súčiniteľ kritického zaťaženia  $\alpha_{cr} = 3,9$  [-], pri ktorom dochádza ku globálnej strate stability konštrukcie. Súčiniteľ kritického zaťaženia je väčší ako 3, a preto predpokladá sa že konštrukcia je stabilná.



Obr. 29: Globálna stráta stability pre vlastný tvar 3,9

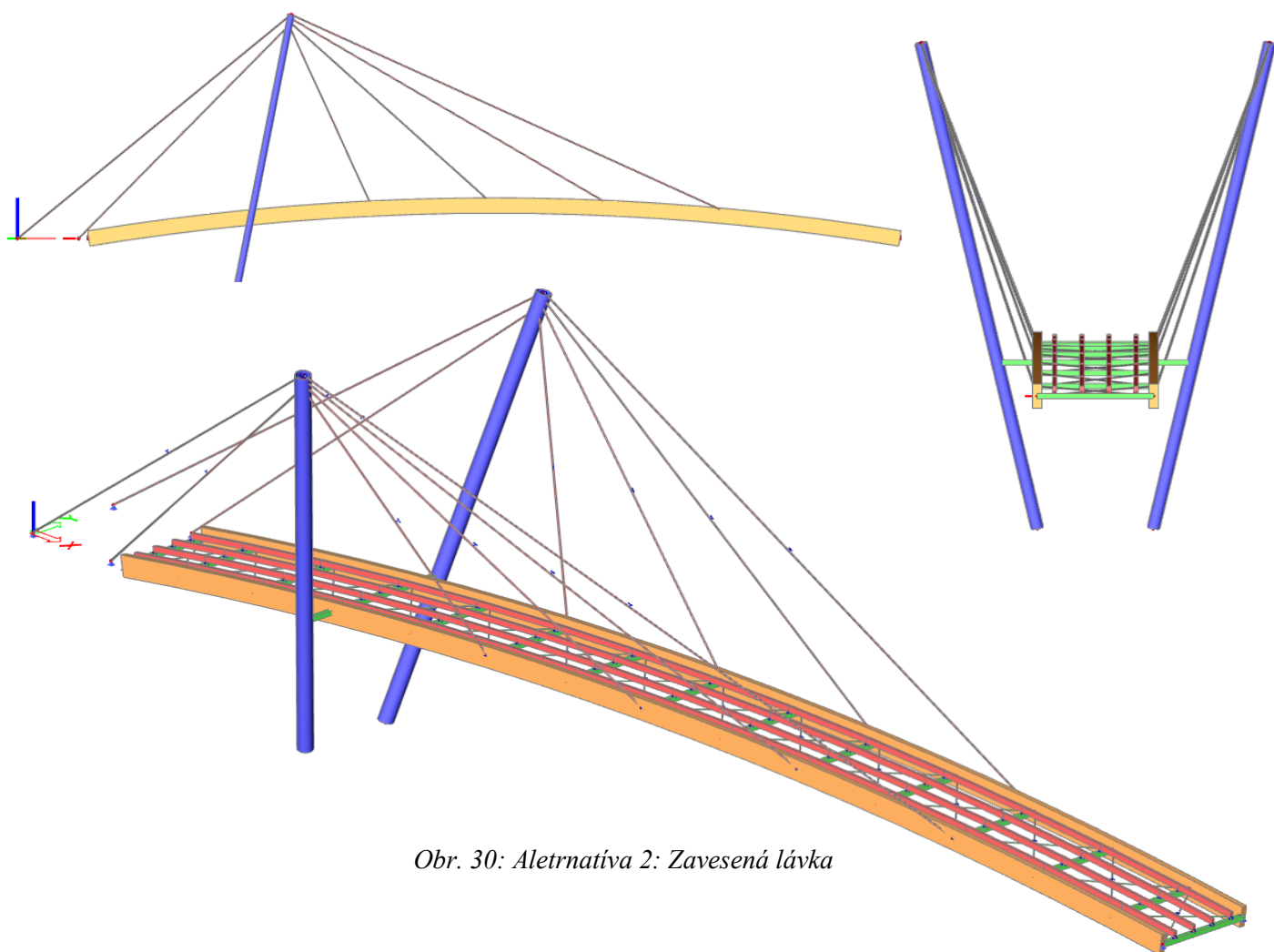




#### 4.4 Alternatíva 2. - Zavesená lávka

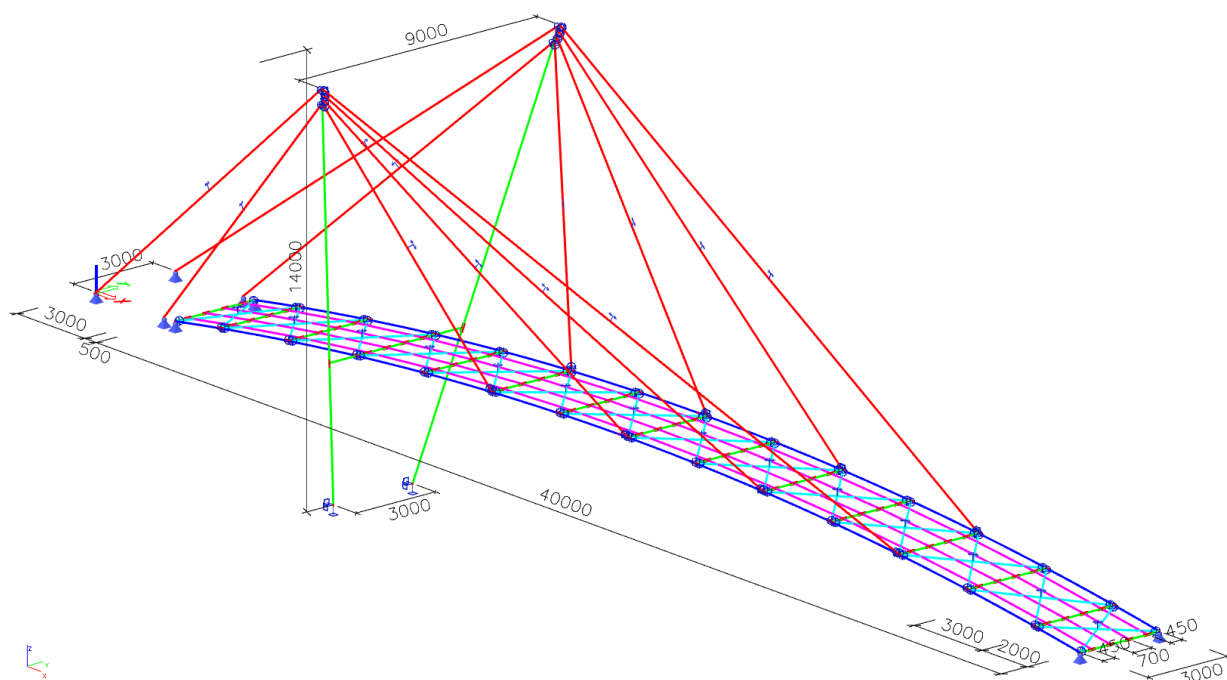
Druhú variantu tvorí zavesená lávka (Obr.30). Nosnú konštrukciu tvoria 2 oceľové pylóny o rozmeroch  $D = 457$ ,  $t = 20$  mm a dĺžky 14,6 m, na ktorých je zavesená mostovka o rozpätí 40 m, pomocou oceľových tyčových závesov Mecalloy 460. Hlavnú nosnú konštrukciu mostovky tvorí dvojica súbežných nosníkov z LLD o rozmeroch 240×700 mm pevnostnej triedy GL28h s prvkovou mostovkou. Mostovka sa skladá z LLD priečnikov pri osovej vzdialenosti 3,0 m o rozmeroch 160×260 mm, na ktorých sú pozdĺžníky z rastlého dreva C24 o rozmeroch 120×160 mm. Na pozdĺžníky sú umiestnené mostiny z dubového dreva pevnostnej triedy D40 o rozmeroch 150×60 mm. Lávku podopierajú pevné ložiská na jednej strane a na druhej jednostranne posuvné ložiská. Laná a pylóny sú kotvené do betónových blokov. Mostovku stužujú krížom kotvené oceľové laná.

Predbežný výpočet jednotlivých nosných prvkov lávky je uvedený v nasledujúcej podkapitole. Pri výpočte nebolo uvažované so zaťažením vozidlom, pretože vjazd na lávku je zabránený. Bol použitý prútový model a následný nelineárny výpočet v programe Scia Engineer. Boli zhotovené posudky prvkov, ktoré boli pre výsledný návrh rozhodujúce.



Obr. 30: Alternatíva 2: Zavesená lávka

#### 4.4.1 Výpočet zaťaženia



Obr. 31: Výpočtový model v programe Scia Engineer

#### ❖ Stále zaťaženie:

Vlastná hmotnosť konštrukčných prvkov použitých vo výpočtom programe Scia engineer 17.1, bolo zaťaženie automaticky generované na základe objemovej hmotnosti a prierezovej plochy a dĺžky priradeného materiálu.

- Ostatné stále zaťaženie

Tab.1.: Výpočet stáleho zaťaženia

Ostatné stále zaťaženie	Materiál	$\gamma$ [kg/m <sup>3</sup> ]	Hrúbka [mm]	$g_k$ [kg/m <sup>2</sup> ]	Zať. šírka [mm]	$g_k$ [kN/m]
mostiny - vnútorný pozdĺžnik	Dub - D40	700	60	42	700	<b>0,29</b>
mostiny - krajný pozdĺžnik	Dub - D40	700	60	42	550	<b>0,23</b>
zábradlie - krajný pozdĺžnik	Smrek - C24	-	-	-	-	<b>0,30</b>

#### ❖ Premenné zaťaženie

- Zaťaženie dopravou (chodcami):

Vozidlo nebolo uvažované, pretože je zabránený vstup vozidlám na lávku.

$$q_{fk} = 2 + \frac{120}{L+30} = 2 + \frac{120}{40+30} = \mathbf{3,71 \text{ [kN/m}^2\text{]}}$$

Tab.2.: Zaťaženie chodcami - zvislé

Chodci : zvislé	$q_{f,k}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	Zať. šírka [mm]	$q_{f,k}$ [kN/m]
vnútorný pozdĺžnik	3,7	700	<b>2,6</b>
krajný pozdĺžnik	3,7	550	<b>2,0</b>

Tab.3.: Zaťaženie chodcami - vodorovné

Chodci : vodorovné	$q_{f,k}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	Zať. šírka [mm]	$q_{f,k}$ [kN/m]
vnútorný pozdĺžnik	0,37	700	<b>0,26</b>
krajný pozdĺžnik	0,37	550	<b>0,2</b>

- Zaťaženie snehom:

Zaťaženie snehom nebolo uvažované, pretože lávka neobsahuje zastrešenie a zaťaženie chodcami disponuje väčšou hodnotou.

- Zaťaženie vetrom:

Konštrukcia sa nachádza v 3. veternej oblasti s nadmorskou výškou 432m. n. m. s kategóriou terénu III.

Hustota vzduchu:  $\rho = 1,25 \text{ [kg/m}^3\text{]}$

Charakteristická rýchlosť vetru :  $v_{b,0} = 25,0 \text{ [m/s]}$

Súčiniteľ smeru vetru :  $c_{dir} = 1,0 \text{ [-]}$

Súčiniteľ ročného obdobia :  $c_{season} = 1,0 \text{ [-]}$

Základná rýchlosť vetru :

$$v_b = c_{dir} \times c_{season} \times v_{b,0} = 1,0 \times 1,0 \times 25,0 = 25,0 \text{ [m/s]}$$

Parametre drsnosti terénu:  $z_0 = 0,3 \text{ [m]}$

Minimálna výška:  $z_{min} = 5,0 \text{ [m]}$

Terén kategórie III:  $z_{0,II} = 0,3 \text{ [m]}$

Výška nad zemí:  $z = 5,0 \text{ [m]}$

Súčiniteľ terénu:

$$k_r = 0,19 \times \left( \frac{z_0}{z_{0,II}} \right)^{0,07} = 0,19 \times \left( \frac{0,3}{0,3} \right)^{0,07} = 0,19 \text{ [-]}$$

Súčiniteľ drsnosti terénu:

$$c_r(z) = k_r \times \ln \left( \frac{z}{z_0} \right) = 0,19 \times \ln \left( \frac{5}{0,3} \right) = 0,606 \text{ [-]}$$

Súčiniteľ ortografie:  $c_0(z) = 1,0 [-]$

Súčiniteľ turbulencie:  $k_I = 1,0 [-]$

Charakteristická rýchlosť vetru:

$$v_m(z) = c_r(z) \times c_0(z) \times v_b$$

$$v_m(z) = 0,606 \times 1,0 \times 25$$

$$v_m(z) = 15,15 \text{ [m/s]}$$

Intenzita turbulencie:

$$I_v(z) = \frac{k_I}{c_0(z) \times \ln\left(\frac{z}{z_0}\right)}$$

$$I_v(z) = \frac{1,0}{1,0 \times \ln\left(\frac{5}{0,3}\right)}$$

$$I_v(z) = 0,355 [-]$$

Základný dynamický tlak vetra:

$$q_b = 0,5 \times \rho \times v_m^2$$

$$q_b = 0,5 \times 1,25 \times 15,15^2$$

$$q_b = \mathbf{0,23} \text{ [kN/m}^2\text{]}$$

Maximálny charakteristický tlak:

$$q_k(z) = [1 + 7 \times I_v(z)] \times 0,5 \times \rho \times v_m^2$$

$$q_k(z) = [1 + 7 \times 0,274] \times 0,5 \times 1,25 \times 15,15^2$$

$$q_k(z) = \mathbf{0,50} \text{ [kN/m}^2\text{]}$$

Súčiniteľ expozície:

$$c_e(z) = \frac{q_k(z)}{q_b} = \frac{0,50}{0,23} = 2,1739 [-]$$

Šírka konštrukcie:  $b = 3,50 \text{ [m]}$

Výška (mostovka + zábradlie)  $d_{tot} = 1,4$

Pomer:  $\frac{b}{d_{tot}} = 2,5 [-]$

Súčiniteľ sily z grafu:  $c_{f,0} = 1,3 [-]$

Súčiniteľ zaťaženia vetra:

$$C = c_e(z) \times c_{f,0} = 2,1739 \times 1,3 = 2,826 [-]$$

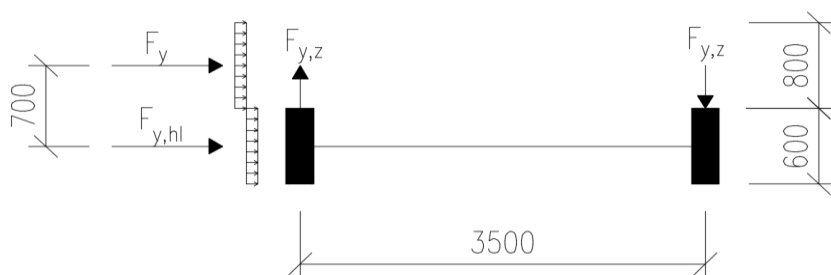
Referenčná plocha na meter dĺžky pre pás chodcov:

$$A_{ref,ch} = 1 \times d_{tot} = 1,40 \text{ [m}^2\text{/m}^*\text{]}$$

- Vietor pôsobiaci na mostovku - smer Y

$$w_k = \frac{1}{2} \times \rho \times v_b^2 \times C = \frac{1}{2} \times 1,25 \times 25,0^2 \times 2,826 = 1,10 \text{ [kN/m}^2\text{]}$$

Pôsobenie vetru na zábradlie s výslednicou zaťaženia na ramene  $r = 0,70 \text{ m}$  k ose nosníku odľahčuje a pritŕažuje konštrukciu na závislosti na smere vetru.



Vietor pôsobiaci na pás ťudí:

$$F_y = w_k \times A_{ref, ch} = 1,10 \times 1,40 = 1,54 \text{ [kN/m]}$$

Odľahčenie a pritŕaženie mostovky:

$$F_{y,z} = F_y \times \frac{r}{b} = 1,54 \times \frac{0,7}{3,5} = 0,31 \text{ [kN/m]}$$

Vietor pôsobiaci na hlavný nosník:

$$F_{y,hl} = w_k \times h_{nosník} = 1,10 \times 0,60 = 0,66 \text{ [kN/m]}$$

- Pôsobenie vetru na vodorovný trám - smer X

Pôsobenie vetru v smeru X sa uvažuje ako 25 % zo smeru Y.

$$q_x = w_k \times 0,25 = 1,1 \times 0,25 = 0,28 \text{ [kN/m]}$$

- Vietor pôsobiaci na mostovku – smer Z

- Súčinitele sily :  $c_{f,z+} = +0,9 [-]$  ;  $c_{f,z-} = -0,9 [-]$

- Súčinitele konštrukcie:  $c_s = 1,0 [-]$  ;  $c_d = 1,0 [-]$

Výsledné hodnoty zaťaženia vetrom na mostovku:

$$q_{k,4,+} = c_s \cdot c_d \cdot c_{f,z+} \cdot q_p(z) = 0,45 \text{ [kN/m}^2\text{]}$$

$$q_{k,4,-} = c_s \cdot c_d \cdot c_{f,z-} \cdot q_p(z) = -0,45 \text{ [kN/m}^2\text{]}$$

Zaťaženie na krajní pozdĺžnik:

$$q_{k,4,k+} = 0,45 \cdot 0,55 = 0,25 \text{ [kN/m]}$$

$$q_{k,4,k-} = -0,45 \cdot 0,55 = -0,25 \text{ [kN/m]}$$

Zaťaženie na trám:

$$q_{k,4,t+} = 0,45 \cdot 0,20 = 0,10 \text{ [kN/m]}$$

$$q_{k,4,t-} = -0,45 \cdot 0,20 = -0,10 \text{ [kN/m]}$$

Zaťaženie na vnútorný pozdĺžnik:

$$q_{k,4,v+} = 0,45 \cdot 0,7 = 0,32 \text{ [kN/m]}; \quad q_{k,4,v-} = -0,45 \cdot 0,7 = -0,32 \text{ [kN/m]}$$



- Vietor pôsobiaci na oceľový pylón – smer X,Y

Ekvivalentná drsnosť povrchu:  $k = 0,02$  [-]

$$\text{Pomer: } v_{(ze)} = \sqrt{\frac{2 \times q_p}{\rho}} = \sqrt{\frac{2 \times 0,5}{1,25}} = 34,8 \text{ [m/s]}$$

Súčinitele tlaku pre kruhové prierezy závisia na Reynoldsových číslach definovaných podľa vzťahu:

$$Re = \frac{b \cdot v_{(ze)}}{\nu} = \frac{0,4 \cdot 34,8}{15 \cdot 10^{-6}} = 1,21 \times 10^6 \text{ [-]}$$

Kde :  $b$  je priemer

$\nu$  kinematická viskozita vzduchu ( $\nu = 15 \cdot 10^{-6} \text{ [m}^2/\text{s]})$

$v_{(ze)}$  maximálna rýchlosť vetru

- Pomer:  $b/d = 3,5$  [-]

Súčiniteľ sily z grafu:  $c_{f,0} = 0,45$

Súčiniteľ koncového efektu:  $\psi_\lambda = 1,0$

Súčiniteľ vonkajšieho tlaku  $c_{pe}$  pre kruhové válce:

$$c_{pe} = c_{p,0} \cdot \Psi_{\lambda\alpha} = 0,45 \times 1,0 = 0,45 \text{ [-]}$$

Súčinitele konštrukcie:  $c_s = 1,0$  [-];  $c_d = 1,0$  [-]

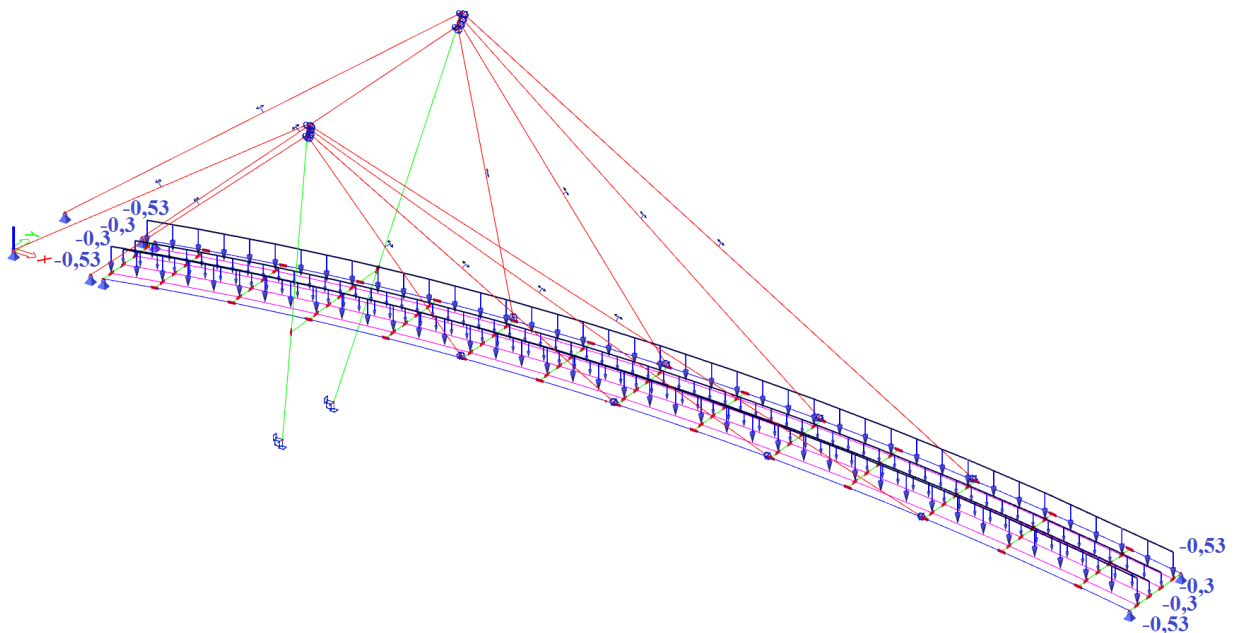
Sila pôsobiaca na oceľ. pylón:

$$q_{k,2} = c_s \cdot c_d \cdot c_f \cdot q_p \cdot d = 1,0 \times 1,0 \times 0,45 \times 0,5 \times 0,40 = 0,15 \text{ [kN/m]}$$

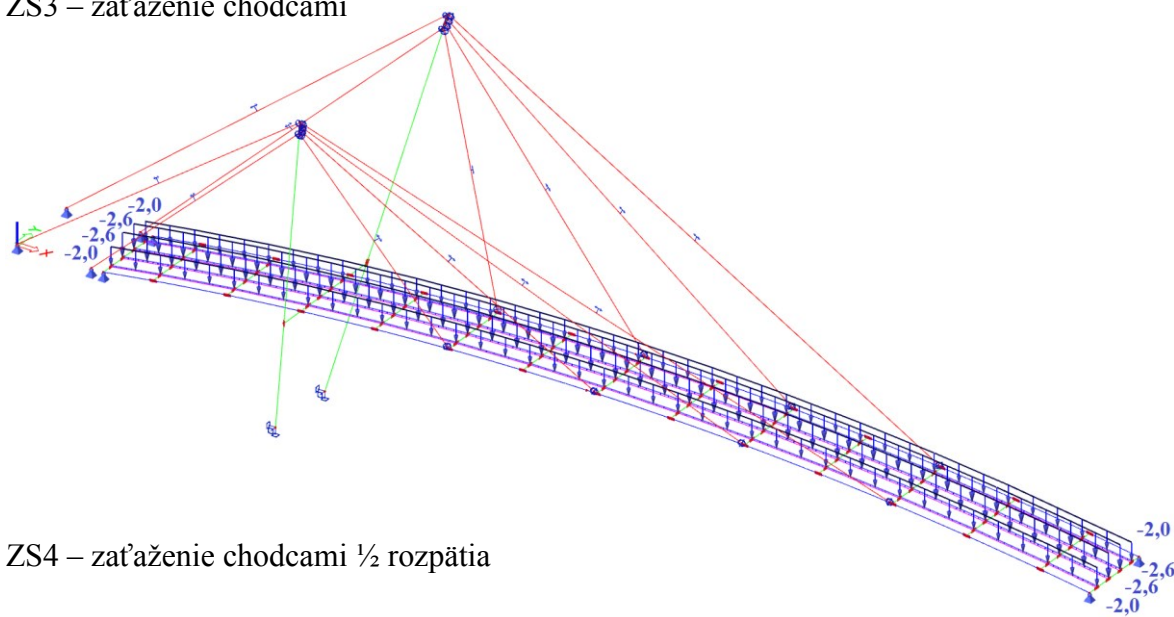
#### 4.4.2 *Zat'azovacie stavy*

ZS1- stále zat'azenie - vlastná tiaž (SCIA)

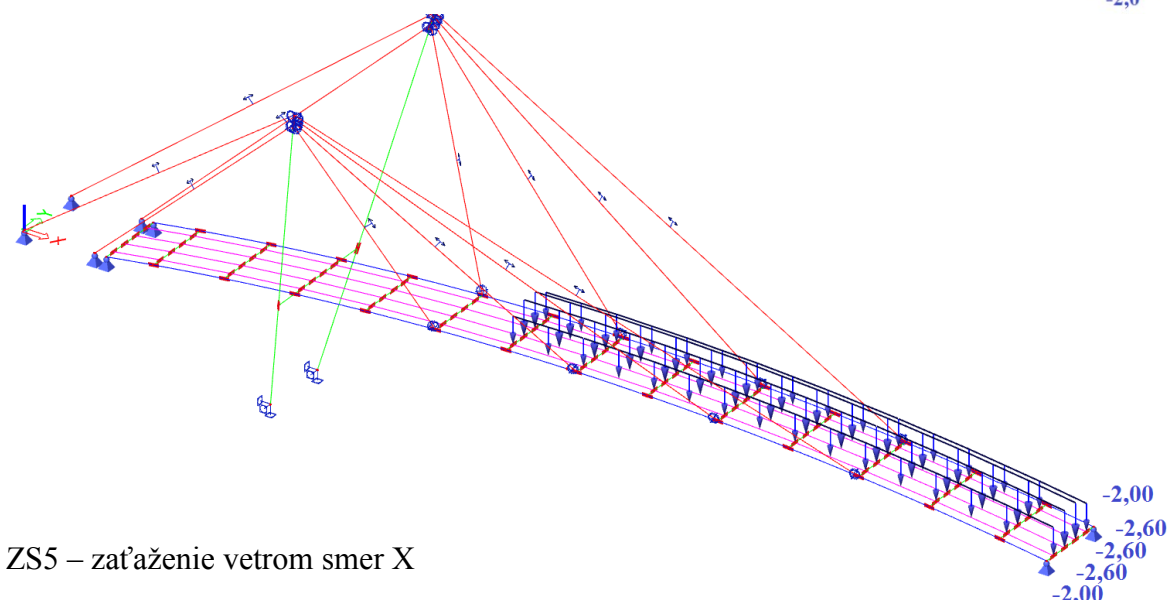
ZS2- ostatné stále zat'azenie



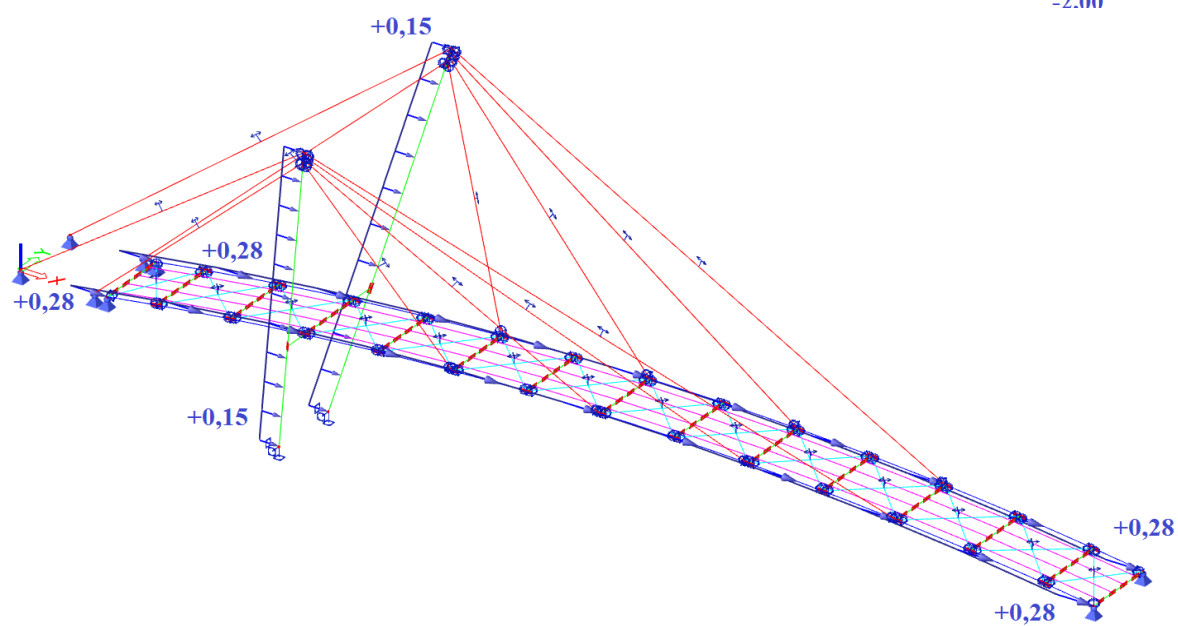
ZS3 – zaťaženie chodcami



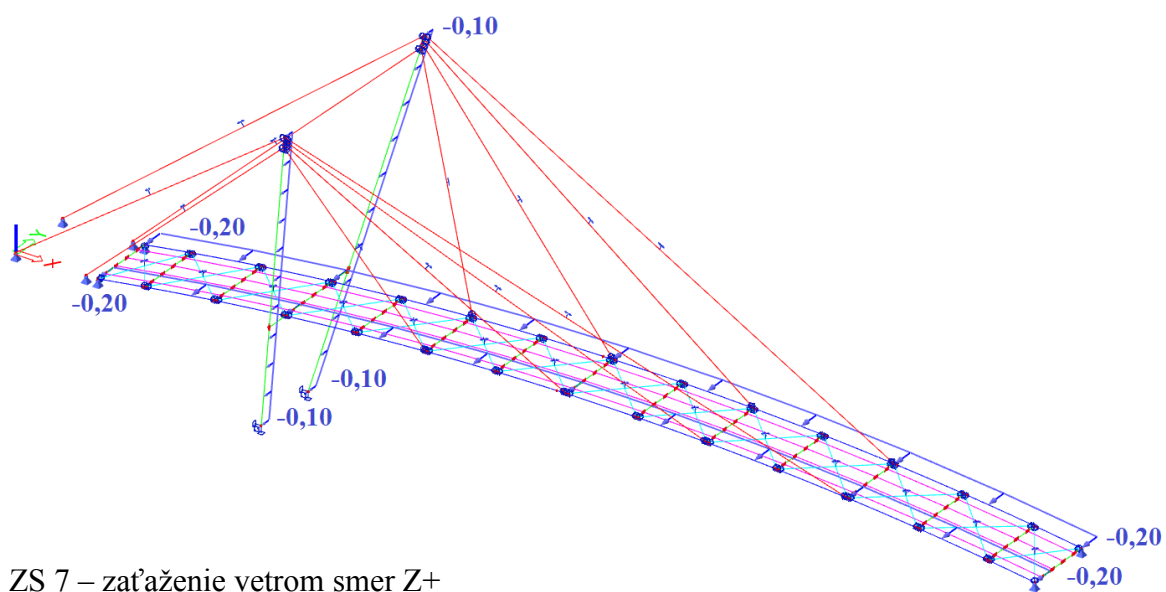
ZS4 – zaťaženie chodcami  $\frac{1}{2}$  rozpätia



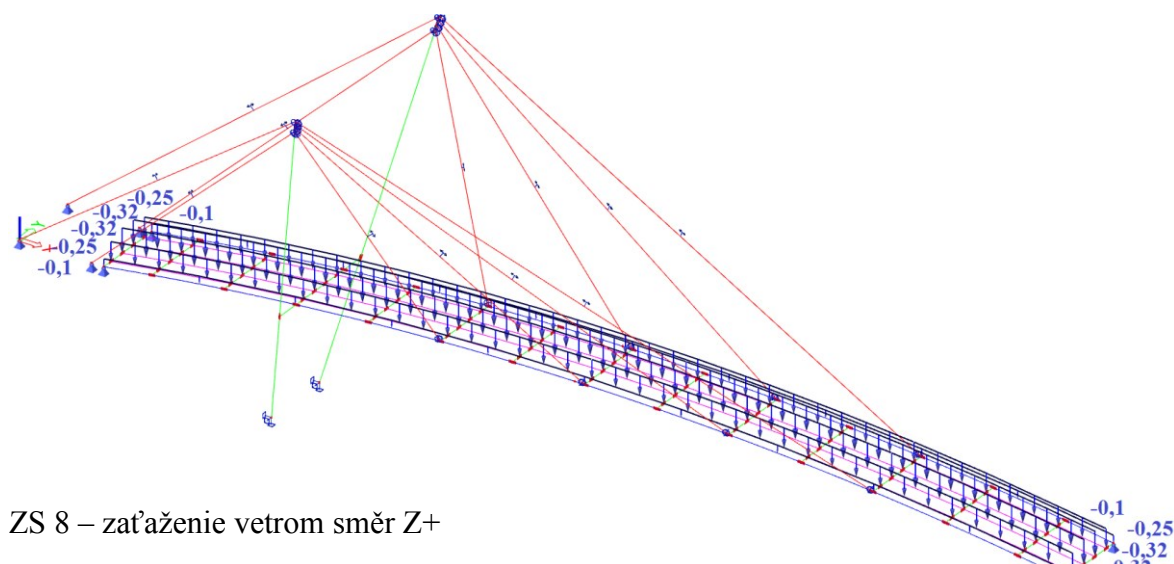
ZS5 – zaťaženie vetrom smer X



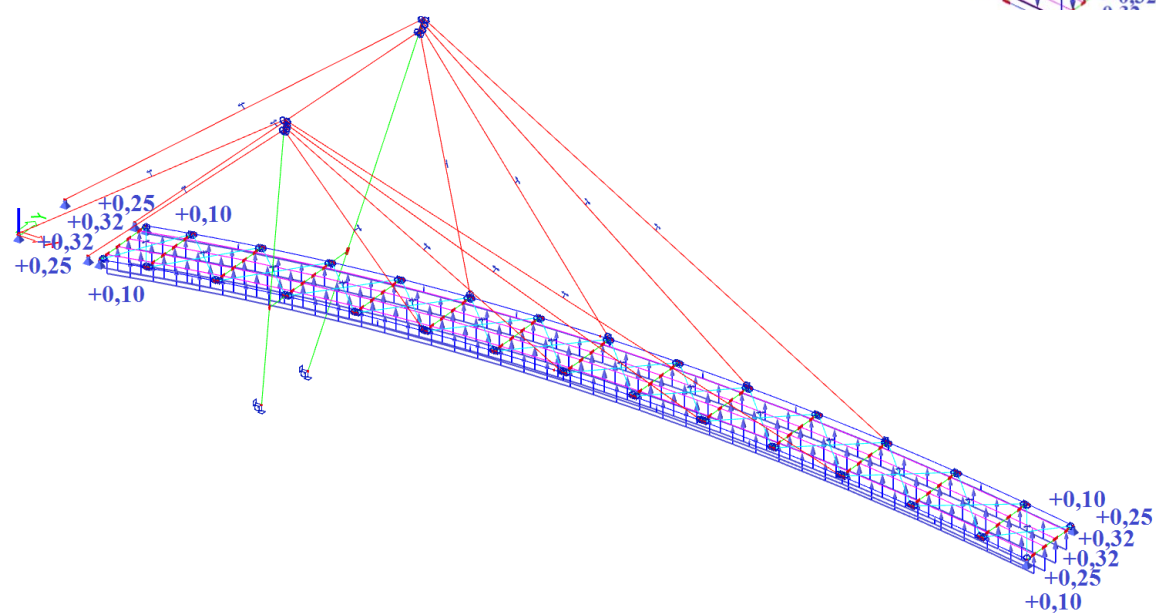
ZS 6 – zaťaženie vetrom smer Y



ZS 7 – zaťaženie vetrom smer Z+



ZS 8 – zaťaženie vetrom směr Z+



#### 4.4.3 Návrh a posudok prvkov

##### ❖ Oceľový pylón:

Oceľový pylón je vysoký 11 m, kruhového prierezu a pevnostnej triedy S355.

Návrh:  $D = 457 \text{ mm}$ ,  $t = 20 \text{ mm}$

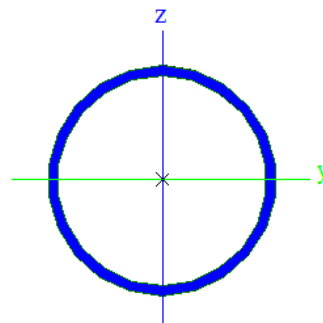
Prierezové charakteristiky:

$$A = 275 \times 10^2 \text{ [mm}^2\text{]}$$

$$W_{y,el} = W_{z,el} = \frac{\pi}{4} \times \frac{(R^4 - r^4)}{R} = 2,874 \times 10^6 \text{ [mm}^3\text{]}$$

$$W_{y,pl} = W_{z,pl} = 3,819 \times 10^6 \text{ [mm}^3\text{]}$$

$$i_y = i_z = 155,0 \text{ [mm]}$$



Súčiniteľ materiálu:  $\gamma_{M1} = 1,0 \text{ [-]}$

Návrhová pevnosť materiálu:

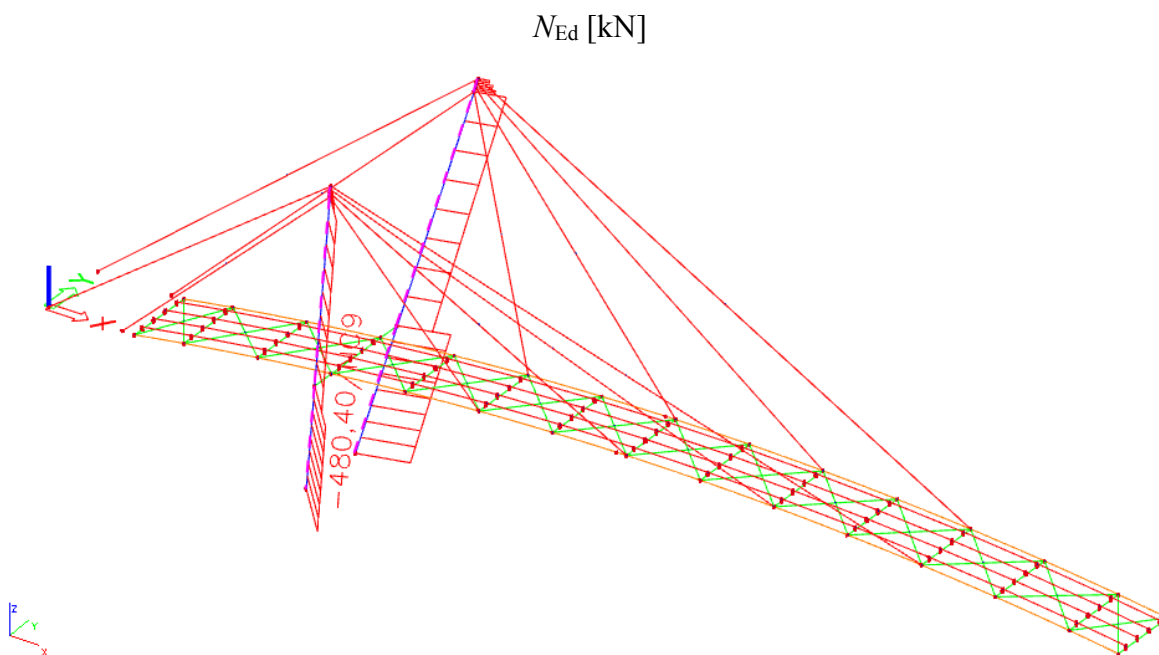
$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_{M1}} = \frac{355}{1,0} = 355 \text{ [MPa]}$$

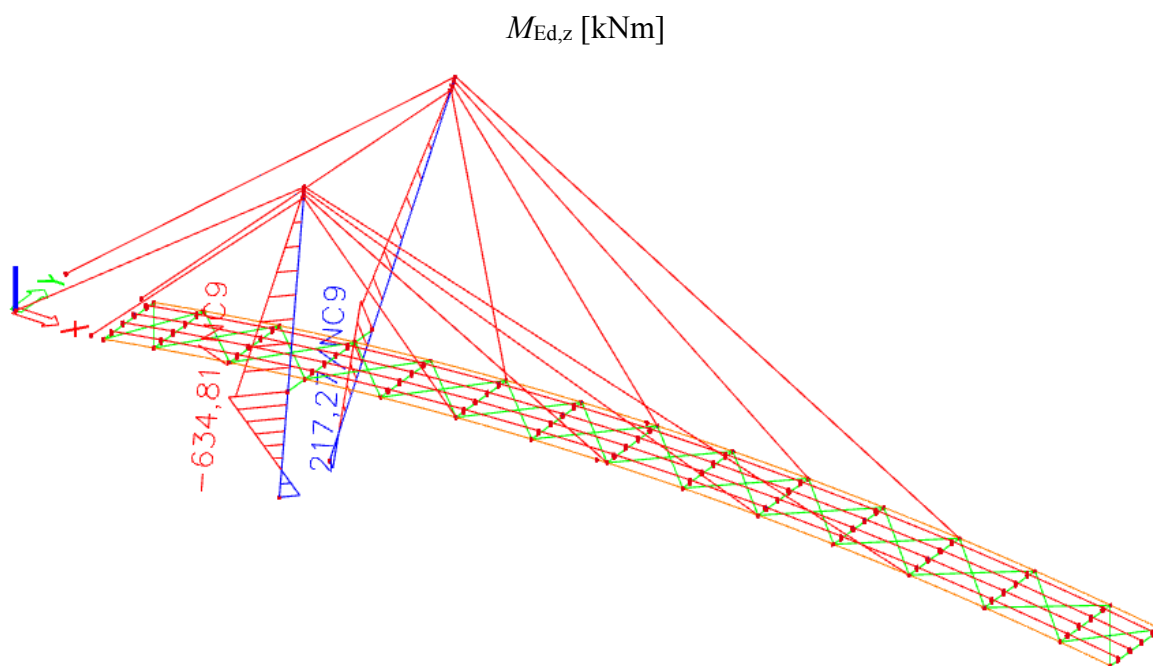
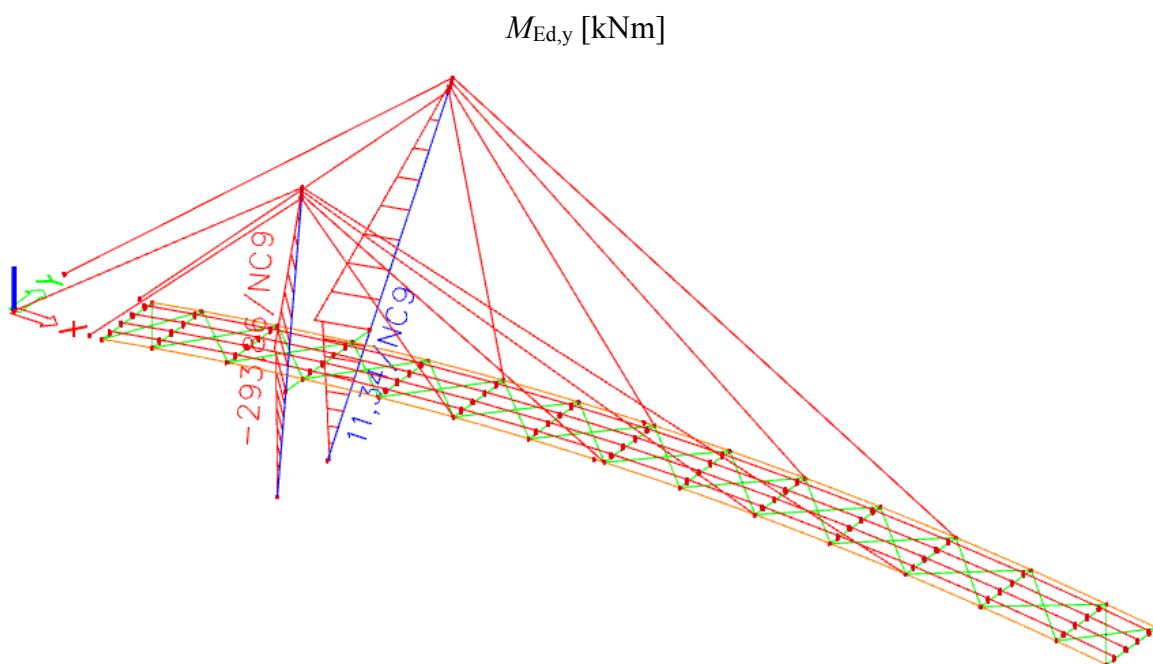
Zatriedenie prierezu:

$$\frac{D}{t} = \frac{457}{20} = 22,9 \leq 50 \times \varepsilon^2 = 33,1 \text{ [-]} \rightarrow \text{trieda prierezu 1}$$

Vnútorne sily:

Rozhodujúca kombinácia pre MSÚ je **NC5**, a to v rovnakej kombinácii max. normálová sila a max. ohybové momenty.





Rozhodujúca nelineárna kombinácia zaťaženia NC9 pre max. ohybový moment.

$$\text{NC9 } (1,35 \times \text{ZS1} + 1,35 \times \text{ZS2} + 1,35 \times \text{ZS3} + 0,45 \times \text{ZS7})$$

Príslušná normálová sila :  $N_{Ed} = 480,4$  [kN]

Príslušný návrhový ohybový moment k ose y:  $M_{Ed,y} = 293,9$  [kNm]

Maximálny návrhový ohybový moment k ose z:  $M_{Ed,z} = 634,8$  [kNm]

Únosnosť v tlaku s vplyvom vzperu:

- dĺžka:  $L = 14\,600$  [mm]



- vzperné dĺžky:  $L_{cr,y} = 2 \times L = 29\,200 \text{ [mm]}$   
 $L_{cr,z} = L = 14\,600 \text{ [mm]}$

Štíhlosť:

$$\lambda_y = \frac{L_{cr,y}}{i} = \frac{29200}{155} = 188,4 \text{ [-]}$$

$$\lambda_z = \frac{L_{cr,z}}{i} = \frac{14600}{155} = 94,2 \text{ [-]}$$

$$\lambda_1 = 93,9 \times \varepsilon = 93,9 \times \sqrt{\frac{235}{f_y}} = 93,9 \times \sqrt{\frac{235}{355}} = 76,40 \text{ [-]}$$

Pomerná štíhlosť:  $\bar{\lambda}_y = \frac{\lambda_y}{\lambda_1} = \frac{188,95}{76,40} = 2,47 \text{ [-]}$

$$\bar{\lambda}_z = \frac{\lambda_z}{\lambda_1} = \frac{114,29}{76,40} = 1,23 \text{ [-]}$$

Súčiniteľ imperfekcie (za tepla valcovaný profil) :  $\alpha = 0,21 \text{ [-]}$

$$\phi_y = 0,5 \times \left[ 1 + \alpha \times (\bar{\lambda}_y - 0,2) + \bar{\lambda}_y^2 \right] = 3,78 \text{ [-]}$$

$$\phi_z = 0,5 \times \left[ 1 + \alpha \times (\bar{\lambda}_z - 0,2) + \bar{\lambda}_z^2 \right] = 1,37 \text{ [-]}$$

Súčiniteľ vzpernosti:

$$\chi_y = \frac{1}{\phi_y + \sqrt{\phi_y^2 + \lambda_y^2}} = 0,121 \text{ [-]}$$

$$\chi_z = \frac{1}{\phi_z + \sqrt{\phi_z^2 + \lambda_z^2}} = 0,311 \text{ [-]}$$

Vzperná únosnosť:

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi_z \times A \times f_{yd}}{\gamma_{M1}}$$

$$N_{b,Rd} = \frac{0,121 \times 27,5 \cdot 10^{-3} \times 355 \cdot 10^6}{1,0} = 1\,177,7 \text{ [kN]}$$

Únosnosť v ohybe:

$$M_{Rd,y,z} = W_{pl,y,z} \times f_{yd}$$

$$M_{Rd,y,z} = 3\,819,4 \times 355$$

$$M_{Rd,y,z} = 1\,355,9 \text{ [kNm]}$$

Posúdenie na kombináciu dvojsového ohybu a vzperného tlaku:

Konštanty:  $\alpha = \beta = 2,0 \text{ [-]}$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} + \left( \frac{M_{Ed,Y}}{M_{Rd,Y}} \right)^\alpha + \left( \frac{M_{Ed,Z}}{M_{Rd,Z}} \right)^\beta < 1$$

$$\frac{480,4}{1177,7} + \left( \frac{293,9}{1355,9} \right)^2 + \left( \frac{634,8}{1355,9} \right)^2 < 1$$

$$0,41 + 0,22 + 0,05 < 1$$

$$\mathbf{0,67 < 1 \rightarrow \text{Vyhovuje}}$$

- Posúdenie MSP:

$$L = 14\,600 [\text{mm}]$$

Posúdenie priehybu:

$$\delta \leq \frac{l}{300}$$

$$\mathbf{39,5 [\text{mm}] \leq 48,7 [\text{mm}] \rightarrow \text{Vyhovuje}}$$

- ❖ Trám:

Jedná sa o prostý nosník z LLD dreva, obdĺžnikového prierezu zaveseného pomocou tyčových ťiahel o oceľový pylón.

Návrh: **GL 28h : 240 × 700 [mm]**

Prierezové charakteristiky:

$$A = b \times h = 168 \times 10^3 [\text{mm}^2]$$

$$W_y = \frac{1}{6} b \times h^2 = 19,60 \times 10^6 [\text{mm}^3]$$

$$W_z = \frac{1}{6} b^2 \times h = 6,72 \times 10^6 [\text{mm}^3]$$

$$I_y = \frac{1}{12} b \times h^3 = 6,86 \times 10^9 [\text{mm}^4]$$

$$I_z = \frac{1}{12} b^3 \times h = 8,06 \times 10^8 [\text{mm}^4]$$

$$i_y = \sqrt{\frac{I_y}{A}} = 202,1 [\text{mm}]$$

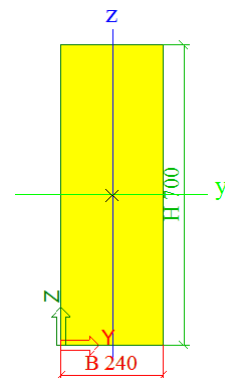
$$i_z = \sqrt{\frac{I_z}{A}} = 69,3 [\text{mm}]$$

Účinná plocha prierezu  $A_{ef}$  podľa ČSN EN 1995-1-1/A1:

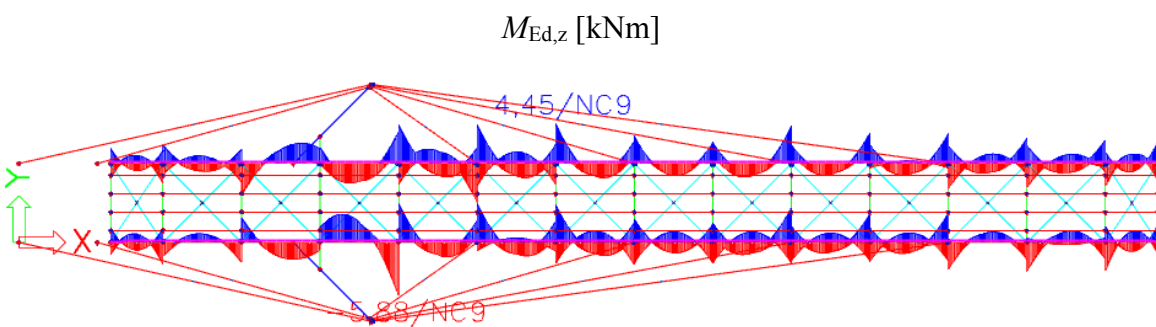
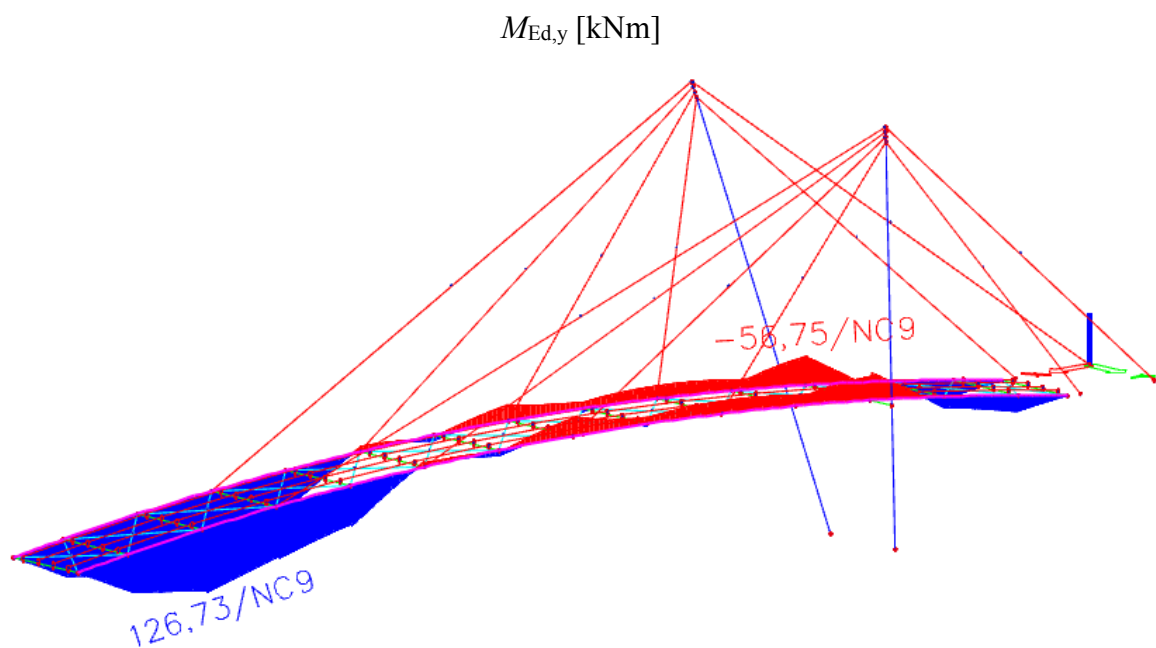
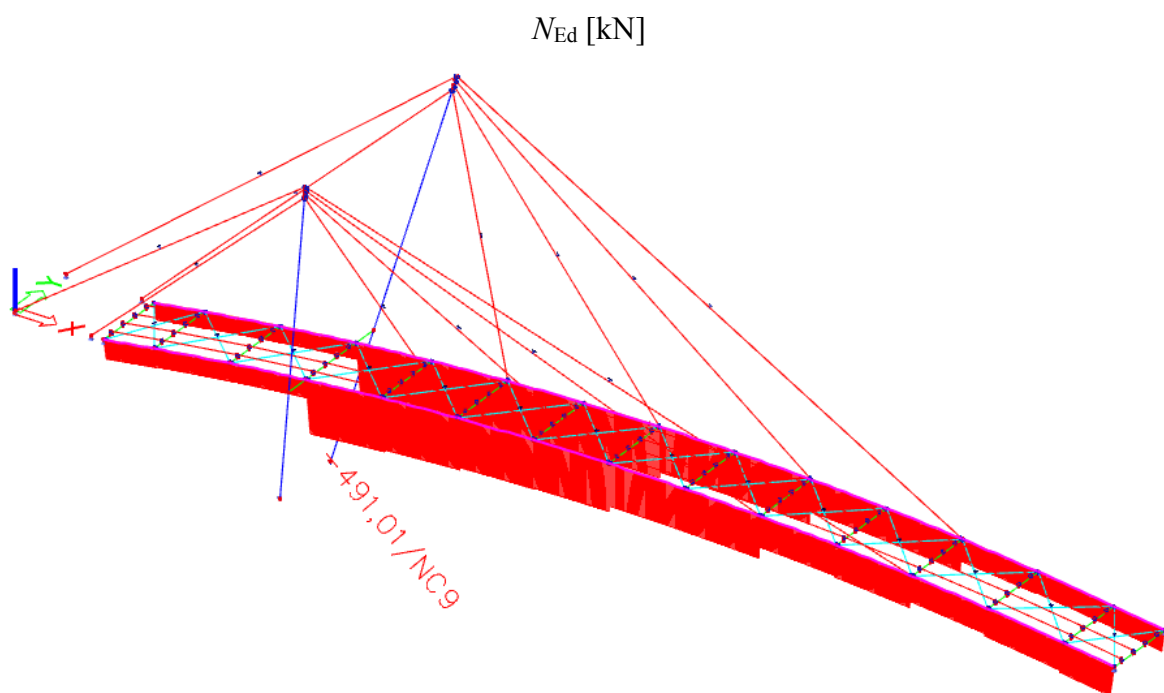
$$k_{cr} = 0,67 [-]$$

$$b_{ef} = k_{cr} \times b = 0,67 \times 120 = 67,0 [\text{mm}]$$

$$A_{ef} = b_{ef} \times h = 80,4 \times 160 = 12\,864 [\text{mm}^2]$$



Vnútročné sily:



Rozhodujúca kombinácia zaťaženia je NC9 pre max. ohybový moment NC9.

$$\text{NC9} (1,35 \times \text{ZS1} + 1,35 \times \text{ZS2} + 1,35 \times \text{ZS3} + 0,45 \times \text{ZS7})$$

Maximálna normálová síla:  $N_{Ed} = 491,0$  [kN]

Príslušný návrhový ohybový moment k ose y:  $M_{Ed,y} = 126,73$  [kN/m]

Príslušný návrhový ohybový moment k ose z:  $M_{Ed,z} = 5,88$  [kN/m]

Návrhové napätie v tlaku rovnobežne s vláknami:

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N_{Ed,max}}{A} = 2,92 \text{ [MPa]}$$

Návrhové napätie v ohybu k ose y:

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_{Ed,y,prisl}}{W_y} = 6,47 \text{ [MPa]}$$

Návrhové napätie v ohybu k ose z:

$$\sigma_{m,z,d} = \frac{M_{Ed,z,prisl}}{W_z} = 0,88 \text{ [MPa]}$$

- Posúdenie MSÚ:

Vzperné dĺžky:

$$L_{cr,y} = 18\,000 \text{ [mm]}$$

$$L_{cr,z} = 3\,000 \text{ [mm]}$$

Štíhlosť prvku:

$$\lambda_y = \frac{L_{cr,y}}{i_y} = 89,1 \text{ [-]}$$

$$\lambda_z = \frac{L_{cr,z}}{i_z} = 43,3 \text{ [-]}$$

Pomerné štíhlosti:

$$\lambda_{rel,y} = \frac{\lambda_y}{\pi} \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}} = 1,49 \text{ [-]}$$

$$\lambda_{rel,z} = \frac{\lambda_z}{\pi} \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}} = 0,72 \text{ [-]}$$

Súčiniteľ priamosti (LLD):  $\beta_c = 0,1$  [-]

Súčinitele:  $k_y = 0,5(1 + \beta_c(\lambda_{rel,y} - 0,3) + \lambda_{rel,y}^2) = 1,669$  [-]

$$k_z = 0,5(1 + \beta_c(\lambda_{rel,z} - 0,3) + \lambda_{rel,z}^2) = 0,783 \text{ [-]}$$

Súčinitele vzpernosti:  $k_{c,y}; k_{c,z}$

$$k_{c,y} = \frac{1}{k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel,y}^2}} = 0,41 \text{ [-]}$$

$$k_{c,z} = \frac{1}{k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{rel,z}^2}} = 0,92 \text{ [-]}$$

Súčiniteľ zohľadňujúci redistribúciu ohybových napätí v prierezu:  $k_m = 0,7$  [-]

### Posúdenie MSÚ:

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y}f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,d}} \leq 1$$

$$\frac{2,92}{0,41 \cdot 14,84} + \frac{6,47}{15,68} + 0,7 \frac{0,88}{15,68} \leq 1$$

$$0,93 \leq 1 \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z}f_{c,0,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,d}} \leq 1$$

$$\frac{2,92}{0,92 \cdot 14,84} + 0,7 \frac{6,47}{15,68} + \frac{0,88}{15,68} \leq 1$$

$$0,56 \leq 1 \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

Posúdenie MSP: Súčiniteľ dotvarovania (LLD; trieda prevádzky 3):  $k_{\text{def}} = 2,0 [-]$

Kombinačné súčinitele:  $\psi_{0,7} = 0,3 [-]$ ;  $\psi_{2,7} = 0 [-]$ ;  $\psi_{2,3} = 0 [-]$

Okamžitý prieťah:

Konečný prieťah:

$$w_{\text{inst,ZS1}} = 2,2 [\text{mm}]$$

$$w_{\text{fin,ZS1}} = w_{\text{inst,ZS1}} \times (1 + k_{\text{def}}) = 7,5 [\text{mm}]$$

$$w_{\text{inst,ZS2}} = 1,1 [\text{mm}]$$

$$w_{\text{fin,ZS2}} = w_{\text{inst,ZS2}} \times (1 + k_{\text{def}}) = 3,3 [\text{mm}]$$

$$w_{\text{inst,ZS3}} = 7,9 [\text{mm}]$$

$$w_{\text{fin,ZS3}} = w_{\text{inst,ZS3}} \times (1 + \psi_{2,3} \times k_{\text{def}}) = 7,9 [\text{mm}]$$

$$w_{\text{inst,ZS7}} = 1,9 [\text{mm}]$$

$$w_{\text{fin,ZS7}} = w_{\text{inst,ZS7}} \times (\psi_{0,7} + \psi_{2,7} \times k_{\text{def}}) = 0,6 [\text{mm}]$$

$$w_{\text{inst}} = w_{\text{inst,G,L1}} + w_{\text{inst,G,L2}} + w_{\text{inst,L3}} + \psi_{0,7} \times w_{\text{inst,L7}} = 12,3 [\text{mm}]$$

$$w_{\text{fin}} = w_{\text{fin,G,L1}} + w_{\text{fin,G,L2}} + w_{\text{fin,L3}} + w_{\text{fin,L7}} = 19,3 [\text{mm}]$$

### Posúdenie MSP :

Posúdenie okamžitého prieťahu:

$$w_{\text{inst}} \leq \frac{l}{300}$$

$$12,3 [\text{mm}] \leq 72 [\text{mm}] \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

Posúdenie konečného prieťahu:

$$w_{\text{fin}} \leq \frac{l}{250}$$

$$19,3 [\text{mm}] \leq 86 [\text{mm}] \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

Posúdenie okamžitého prieťahu spôsobený chodcami:

$$w_{\text{inst}} \leq \frac{l}{400}$$

$$7,9 [\text{mm}] \leq 54 [\text{mm}] \rightarrow \text{Vyhovuje}$$



## ❖ Oceľové tiahla:

Používané oceľové tiahla sú Mecalloy 460. Údaje o únosnosti sú zobrazené v tabuľke určenej výrobcom.

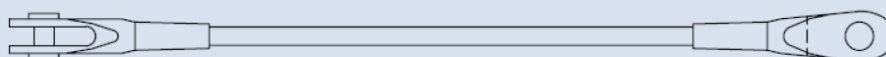
- Mechanické vlastnosti tiahla:

Medza klzu:  $f_y = 460$  [MPa]      Minimálna ťažnosť: 15 %

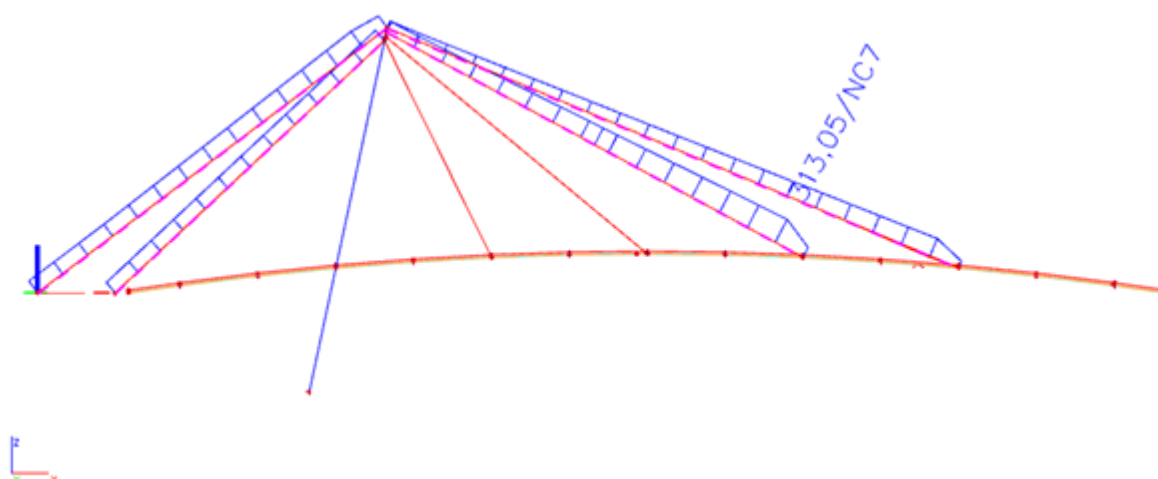
Medza pevnosti:  $f_u = 610$  [MPa]      Modul pružnosti:  $E = 190$  [GPa]

**Tabuľka 1: Vlastnosti táhel Mecalloy ve standardním provedení a v nerez provedení**

Závít	jednotka	M10	M12	M16	M20	M24	M30	M36	M42	M48	M56	M64	M76	M85	M90*	M100*
Průměr táhla	mm	10	11	15	19	22	28	34	39	45	52	60	72	82	87	97
Minimální mez kluzu	kN	25	36	69	108	156	249	364	501	660	912	1204	1756	2239	2533	3172
Minimální mez pevnosti	kN	33	48	91	143	207	330	483	665	875	1209	1596	2329	2969	3358	4206
Hmotnost táhla	Kg/m	0,50	0,75	1,40	2,20	3,00	4,80	7,10	9,40	12,50	16,70	22,20	32,00	41,50	46,70	58,00



## Vnúťorné sily:



## Návrh tiahla:

**M 36**

**Priemer:  $d = 34$  [mm]**

**Únosnosť:  $N_{Rd} = 364$  [kN]**

Rozhodujúca kombinácia zaťaženia:

$$NC7 (1,35 \times ZS1 + 1,35 \times ZS2 + 1,35 \times ZS3)$$

- Maximálna návrhová normálová sila:  $N_{Ed} = 313,1$  [kN]

## Posúdenie na MSÚ:

$$N_{Ed} \leq N_{Rd}$$

$$313,1 \text{ [kN]} \leq 364 \text{ [kN]} \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

### ❖ Priečník:

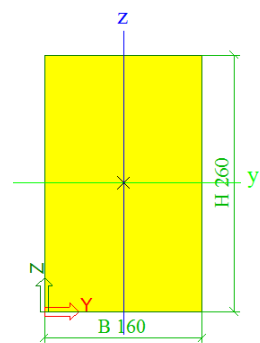
Návrh: **GL 28h : 160 × 260 [mm]**

Prierezové charakteristiky:

$$A = b \times h = 41,6 \times 10^3 \text{ [mm}^2\text{]}$$

$$W_y = \frac{1}{6} b \times h^2 = 1,8027 \times 10^6 \text{ [mm}^3\text{]}$$

$$W_z = \frac{1}{6} b^2 \times h = 1,1093 \times 10^6 \text{ [mm}^3\text{]}$$

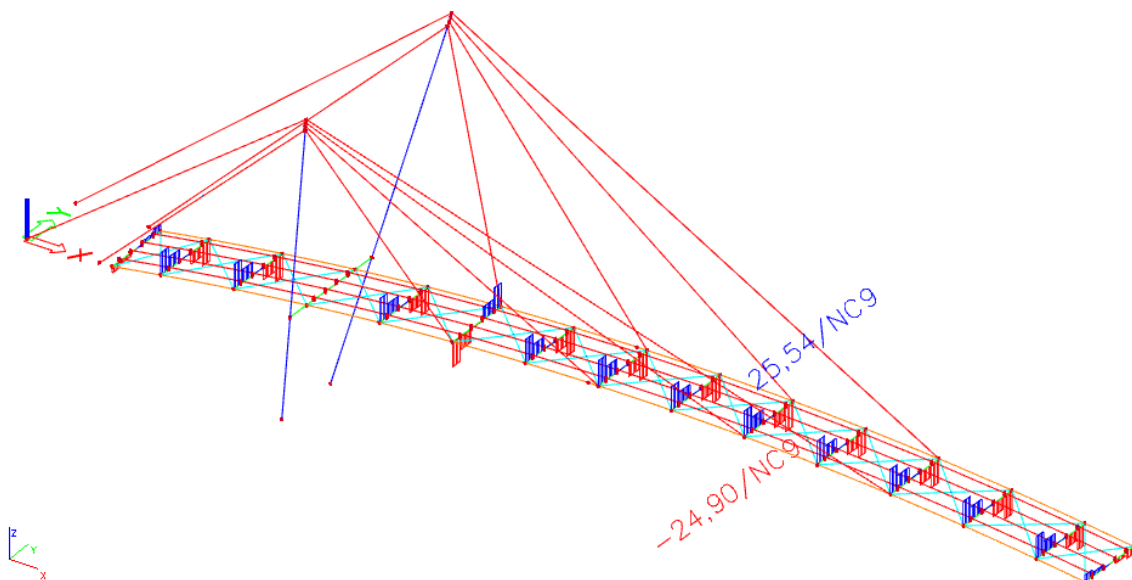


Účinná plocha prierezu  $A_{ef}$  podľa ČSN EN 1995-1-1/A1:  $k_{cr} = 0,67 [-]$

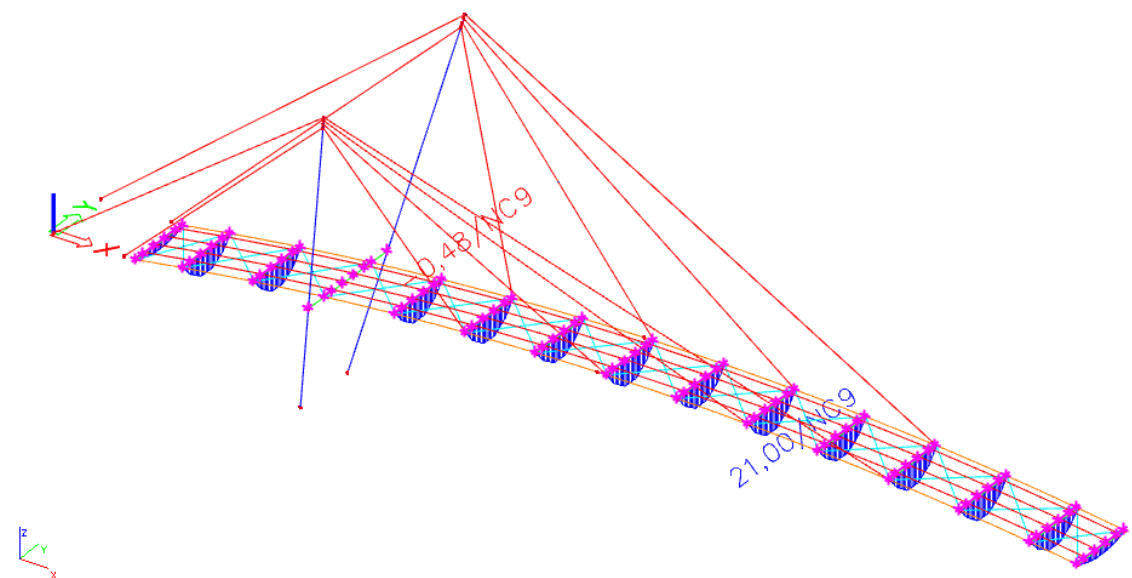
$$b_{ef} = k_{cr} \times b = 0,67 \times 160 = 107,2 \text{ [mm]}$$

$$A_{ef} = b_{ef} \times h = 107,2 \times 260 = 27\,872 \text{ [mm}^2\text{]}$$

Vnútročné sily:  $V_{Ed,z} \text{ [kN]}$



$M_{Ed,y} \text{ [kNm]}$



Rozhodujúca kombinácia zaťaženia NC9:

$$\text{NC 9 } (1,35 \times \text{ZS1} + 1,35 \times \text{ZS2} + 1,35 \times \text{ZS3} + 0,45 \times \text{ZS7})$$

Maximálna posúvajúca sila :  $V_{\text{Ed},z,\text{max}} = 25,5 \text{ [kN]}$

Príslušný návrhový ohybový moment k ose y:  $M_{\text{Ed},y,\text{max}} = 21,0 \text{ [kNm]}$

Príslušný návrhový ohybový moment k ose z:  $M_{\text{Ed},z,\text{prisl}} = 2,9 \text{ [kNm]}$

Návrhové napätie v ohybu k ose y:

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_{\text{Ed},y,\text{max}}}{W_y} = 11,65 \text{ [MPa]}$$

Návrhové napätie v ohybu k ose z:

$$\sigma_{m,z,d} = \frac{M_{\text{Ed},z,\text{prisl}}}{W_z} = 2,61 \text{ [MPa]}$$

Návrhové šmykové napätie:

$$\tau_{d,z} = \frac{3}{2} \frac{V_{\text{Ed},z}}{A_{\text{ef}}} = 1,37 \text{ [MPa]}$$

**Posúdenie MSÚ - šmyk:**

$$\tau_{d,z} \leq f_{m,d}$$

$$1,37 \text{ [MPa]} \leq 1,96 \text{ [MPa]} \rightarrow \textbf{Vyhovuje}$$

**Posúdenie na MSÚ - ohybu k ose y**

Súčiniteľ zohľadňujúci redistribúciu ohybových napätí v prierezu:  $k_m = 0,7[-]$

$$\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,d}} \leq 1$$

$$\frac{11,65}{12,92} + 0,7 \frac{2,61}{12,92} \leq 1$$

$$0,86 \leq 1 \rightarrow \textbf{Vyhovuje}$$

$$k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,d}} \leq 1$$

$$0,7 \frac{11,65}{12,92} + \frac{2,61}{12,92} \leq 1$$

$$0,69 \leq 1 \rightarrow \textbf{Vyhovuje}$$

- Posudok MSP:

Súčiniteľ dotvarovania (trieda prevádzky 3):  $k_{\text{def}} = 2,0 [-]$

Kombinačné súčinitele:  $\psi_{0,7} = 0,3 [-]$ ;  $\psi_{2,7} = 0 [-]$ ;  $\psi_{2,3} = 0 [-]$

Okamžitý priehyb:

Konečný priehyb:

$$w_{\text{inst,ZS1}} = 0,4 \text{ [mm]}$$

$$w_{\text{fin,ZS1}} = w_{\text{inst,ZS1}} \times (1 + k_{\text{def}}) = 1,2 \text{ [mm]}$$

$$w_{\text{inst,ZS2}} = 1,1 \text{ [mm]}$$

$$w_{\text{fin,ZS2}} = w_{\text{inst,ZS2}} \times (1 + k_{\text{def}}) = 3,3 \text{ [mm]}$$

$$w_{\text{inst,ZS3}} = 3,1 \text{ [mm]}$$

$$w_{\text{fin,ZS3}} = w_{\text{inst,ZS3}} \times (1 + \psi_{2,3} \times k_{\text{def}}) = 3,1 \text{ [mm]}$$

$$w_{\text{inst,ZS7}} = 0,3 \text{ [mm]}$$

$$w_{\text{fin,ZS7}} = w_{\text{inst,ZS7}} \times (\psi_{0,7} + \psi_{2,7} \times k_{\text{def}}) = 0,1 \text{ [mm]}$$

$$w_{\text{inst}} = w_{\text{inst,ZS1}} + w_{\text{inst,ZS2}} + w_{\text{inst,ZS3}} + \psi_{0,7} \times w_{\text{inst,ZS7}} = 4,7 \text{ [mm]}$$

$$w_{\text{fin}} = w_{\text{fin,ZS1}} + w_{\text{fin,ZS2}} + w_{\text{fin,ZS3}} + w_{\text{fin,ZS7}} = 7,7 \text{ [mm]}$$

**Posúdenie MSP :**  $L = 2000 \text{ [mm]}$

Posúdenie okamžitého priehybu:

$$w_{\text{inst}} \leq \frac{l}{300}$$

$$4,7 \text{ [mm]} \leq 6,7 \text{ [mm]} \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

Posúdenie konečného priehybu:

$$w_{\text{fin}} \leq \frac{l}{250}$$

$$7,7 \text{ [mm]} \leq 8,0 \text{ [mm]} \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

Posúdenie okamžitého priehybu spôsobený chodcami:

$$w_{\text{inst}} \leq \frac{l}{400}$$

$$3,1 \text{ [mm]} \leq 5,0 \text{ [mm]} \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

❖ Pozdĺžnik:

Pozdĺžnik mostovky je navrhnutý z rasteného dreva pevnostnej triedy C24 obdĺžnikového prierezu. Rozhodujúci návrh je pre únosnosť šmyku a kombinácia ohybu a osového tlaku.

Návrh:

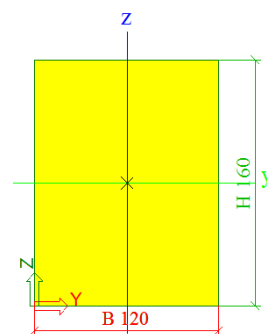
**C24 : 120 × 160 [mm]**

Prierezové charakteristiky:

$$A = b \times h = 19,2 \times 10^3 \text{ [mm}^2\text{]}$$

$$W_y = \frac{1}{6} b \times h^2 = 5,12 \times 10^5 \text{ [mm}^3\text{]}$$

$$W_z = \frac{1}{6} b^2 \times h = 3,84 \times 10^5 \text{ [mm}^3\text{]}$$

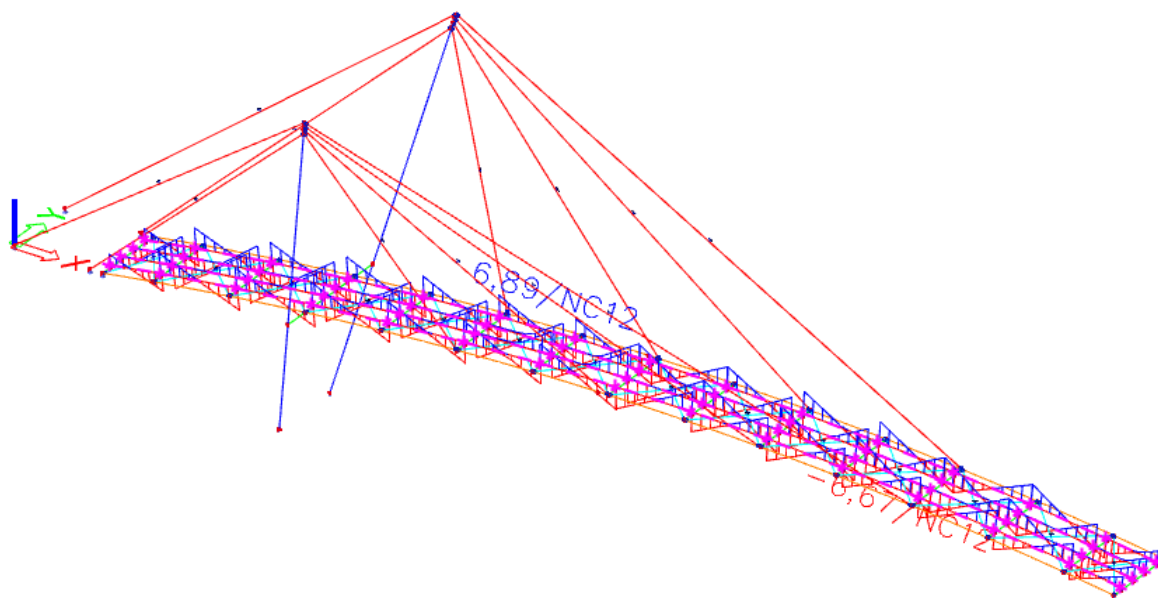


Účinná plocha prierezu  $A_{ef}$  podľa ČSN EN 1995-1-1/A1:  $k_{cr} = 0,67 [-]$

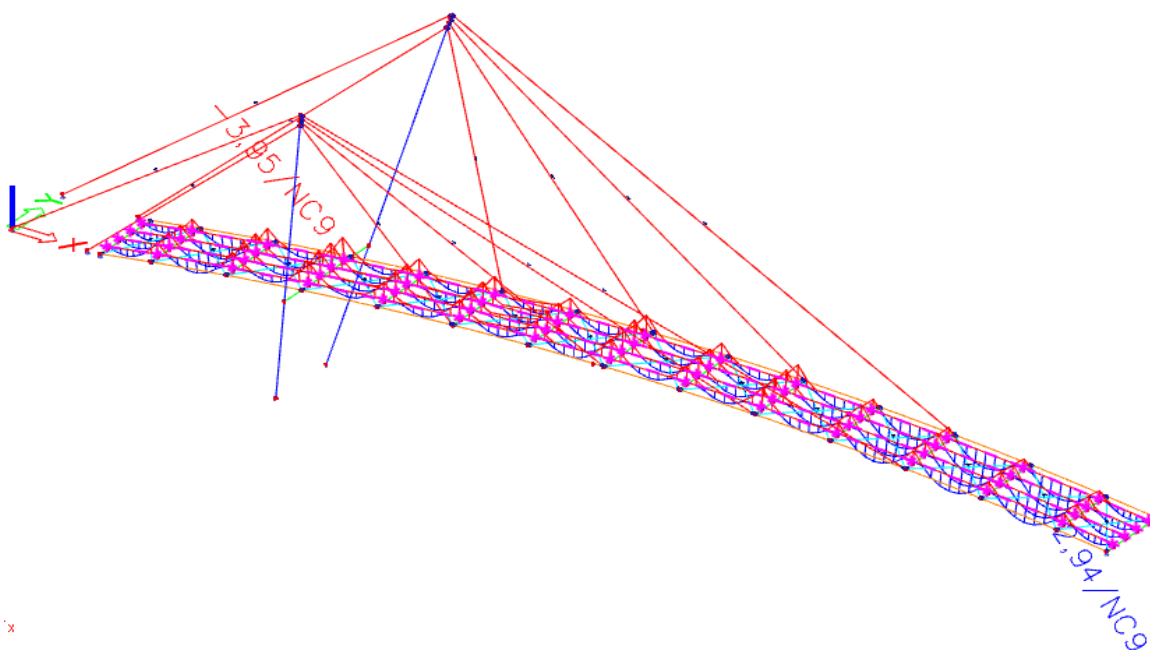
$$b_{ef} = k_{cr} \times b = 0,67 \times 120 = 67,0 \text{ [mm]}$$

$$A_{ef} = b_{ef} \times h = 67,0 \times 160 = 10\,720 \text{ [mm}^2\text{]}$$

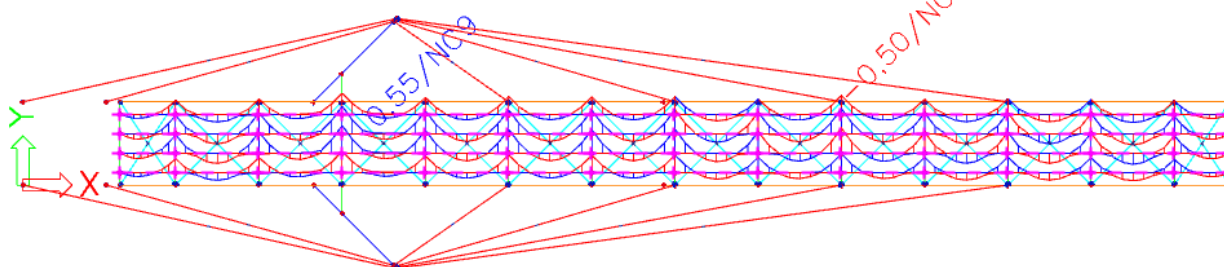
Vnútorné sily:  $V_{Ed} \text{ [kN]}$



$M_{Ed,y} \text{ [kNm]}$



$M_{Ed,z} \text{ [kNm]}$





Rozhodujúca kombinácia zaťaženia NC9 pre ohybový moment a NC12 normálová sila.

$$\text{NC 9 } (1,35 \times \text{ZS1} + 1,35 \times \text{ZS2} + 1,35 \times \text{ZS3} + 0,45 \times \text{ZS6})$$

$$\text{NC 12 } (1,35 \times \text{ZS1} + 1,35 \times \text{ZS2} + 1,35 \times \text{ZS3})$$

$$\text{Maximálna posúvajúca sila : } V_{\text{Ed,max}} = 6,89 \text{ [kN]}$$

$$\text{Príslušný návrhový ohybový moment k ose y: } M_{\text{Ed,y,max}} = 3,95 \text{ [kNm]}$$

$$\text{Príslušný návrhový ohybový moment k ose z: } M_{\text{Ed,z,prisl}} = 0,55 \text{ [kNm]}$$

Návrhové napätie v ohybu k ose y:

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_{\text{Ed,y,max}}}{W_y} = 6,10 \text{ [MPa]}$$

Návrhové napätie v ohybu k ose z:

$$\sigma_{m,z,d} = \frac{M_{\text{Ed,z,prisl}}}{W_z} = 1,27 \text{ [MPa]}$$

Návrhové šmykové napätie:

$$\tau_{d,z} = \frac{3 V_{\text{Ed}}}{2 A_{\text{ef}}} = 0,72 \text{ [MPa]}$$

**Posúdenie MSÚ - šmyk:**

$$\tau_{d,z} \leq f_{m,d}$$

$$0,80 \text{ [MPa]} \leq 2,15 \text{ [MPa]} \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

**Posúdenie na MSÚ - ohybu k ose y**

Súčiniteľ zohľadňujúci redistribúciu ohybových napätí v prierezu:  $k_m = 0,7 [-]$

$$\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,d}} \leq 1$$

$$\frac{6,10}{12,92} + 0,7 \frac{1,27}{12,92} \leq 1$$

$$0,67 \leq 1 \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

$$k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,d}} \leq 1$$

$$0,7 \frac{6,10}{12,92} + \frac{1,27}{12,92} \leq 1$$

$$0,53 \leq 1 \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

• Posudok MSP:

Súčiniteľ dotvarovania (trieda prevádzky 3):  $k_{\text{def}} = 2,0 [-]$

Kombinačné súčinitele:  $\psi_{0,7} = 0,3 [-]$ ;  $\psi_{2,7} = 0 [-]$ ;  $\psi_{2,3} = 0 [-]$

Okamžitý prieťah:

Konečný prieťah:

$$w_{\text{inst,ZS1}} = 0,3 [\text{mm}]$$

$$w_{\text{fin,ZS1}} = w_{\text{inst,ZS1}} \times (1 + k_{\text{def}}) = 0,9 [\text{mm}]$$

$$w_{\text{inst,ZS2}} = 0,7 [\text{mm}]$$

$$w_{\text{fin,ZS2}} = w_{\text{inst,ZS2}} \times (1 + k_{\text{def}}) = 2,1 [\text{mm}]$$

$$w_{\text{inst,ZS3}} = 2,2 [\text{mm}]$$

$$w_{\text{fin,ZS3}} = w_{\text{inst,ZS3}} \times (1 + \psi_{2,3} \times k_{\text{def}}) = 2,2 [\text{mm}]$$

$$w_{\text{inst,ZS7}} = 0,3 [\text{mm}]$$

$$w_{\text{fin,ZS7}} = w_{\text{inst,ZS7}} \times (\psi_{0,7} + \psi_{2,7} \times k_{\text{def}}) = 0,1 [\text{mm}]$$

$$w_{\text{inst}} = w_{\text{inst,ZS1}} + w_{\text{inst,ZS2}} + w_{\text{inst,ZS3}} + \psi_{0,7} \times w_{\text{inst,ZS7}} = 3,3 [\text{mm}]$$

$$w_{\text{fin}} = w_{\text{fin,ZS1}} + w_{\text{fin,ZS2}} + w_{\text{fin,ZS3}} + w_{\text{fin,ZS7}} = 5,6 [\text{mm}]$$

**Posúdenie MSP :**  $L = 3000 [\text{mm}]$

Posúdenie okamžitého prieťahu:  $w_{\text{inst}} \leq \frac{l}{300}$

$$3,3 [\text{mm}] \leq 10,0 [\text{mm}] \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

Posúdenie konečného prieťahu:  $w_{\text{fin}} \leq \frac{l}{250}$

$$5,6 [\text{mm}] \leq 12,0 [\text{mm}] \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

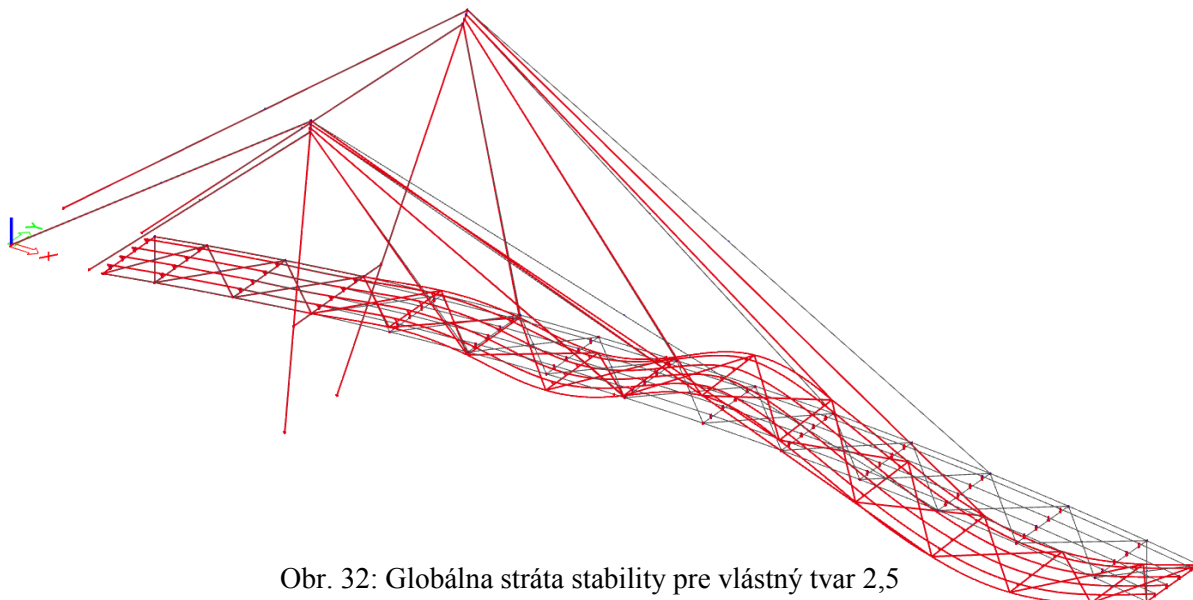
Posúdenie okamžitého prieťahu spôsobený chodcami:

$$w_{\text{inst}} \leq \frac{l}{400}$$

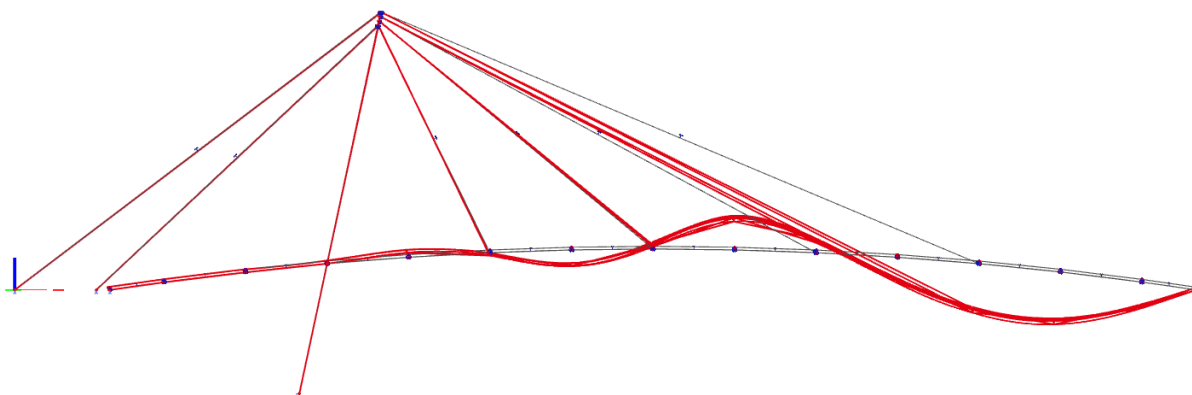
$$2,2 [\text{mm}] \leq 7,5 [\text{mm}] \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

#### 4.4.4 Stabilita

Bol zhotovený nelineárny stabilitný výpočet pre stabiltné kombinácie v programe Scia Engineer. Výsledkom je súčiniteľ kritického zaťaženia  $\alpha_{cr} = 2,5$ , pri ktorom dochádza ku globálnej strate stability konštrukcie. Súčiniteľ kritického zaťaženia disponuje malým číslom, a preto sa predpokladá sa že konštrukcia nebude príliš stabilná.



Obr. 32: Globálna stráta stability pre vlastný tvar 2,5

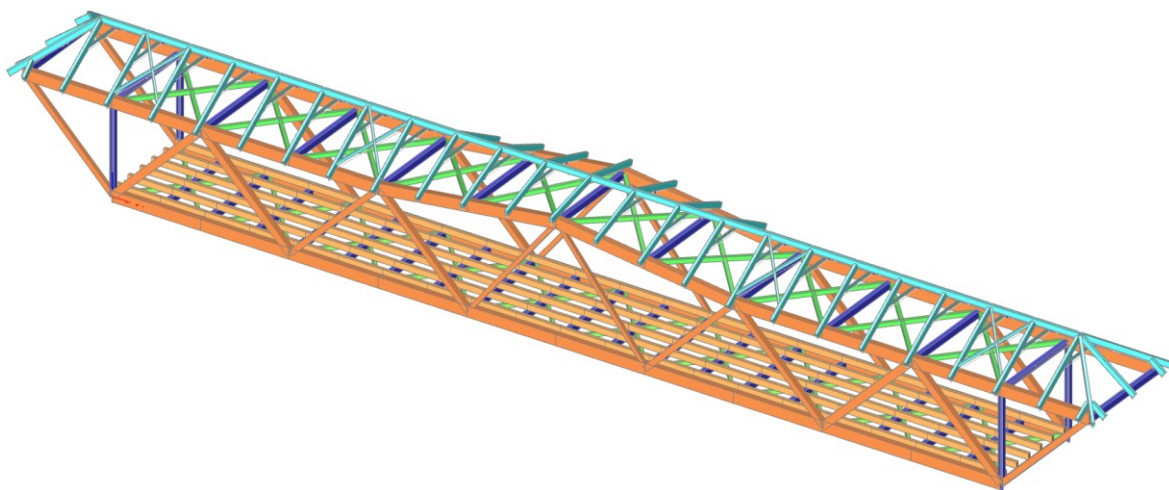


## 4.5 Alternatíva 3. – Priehradová lávka

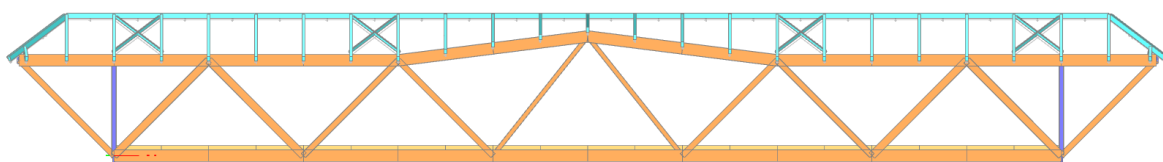
Tretiu variantu tvorí zastrešená priehradová lávka bez zvislíc (Obr.33) pre rozpätie 40 m. Nosnú konštrukciu lávky tvoria dva priehradové nosníky so zakrivením horného pásu v strednej časti lávky. Horný pás pozostáva z obdĺžnikového prierezu z LLD o rozmeroch 240×480 mm, na ktorom je umiestnené zastrešenie, ktoré pozostáva z hambáľkovej sústavy o rozmeroch prierezu krokiev 120×220 mm. Dolný pás priehradového nosníku tvorí LLD o rozmeroch prierezu 240×480 mm. Diagonály nosníku sú roznych prierezov, zmenšujúcich sa smerom k stredu konštrukcie. Diagonály 1 predstavujú diagonály na začiatku lávky z LLD o rozmeroch prierezu 160×220 mm, ktoré vysúvajú časť strešnej konštrukcie. Diagonály 2 nasledujú smerom k stredu konštrukcie a predstavujú najzaťaženejšie diagonály a pozostávajú z LLD o rozmeroch 240×320 mm. Diagonály 3 pozostávajú z LLD o rozmeroch 240×240 mm. Diagonály 4 pozostávajú z LLD o rozmeroch 140×180 mm. Mostovka lávky je tvorená prvkovou mostovkou, ktorá je tvorená drevenými mostninami o rozmeroch 150×60 mm a pozdĺžníkmi pôsobiace ako dvojpolový konštrukčný systém, ktoré sú proste uložené do oceľových botiek pripojených na lepené priečniky. Pozdĺžníky sú podopierané priečnikmi z LLD o rozmeroch 180×340 mm. Priečniky 1 sú pripojené do styčníc dolného pásu pomocou vlisovanej oceľ dosky a tyčových spojovacích prostriedkov (svorníkov). Prevažujúci materiál je LLD, pevnostnej triedy GL28h. Ďalej pozdĺžníky, zábradlie a zastrešenie tvorí rastlé ihličnaté drevo, pevnostnej triedy C24. Mostiny sú tvorené z dubového dreva, pevnostnej D40.

Stuženie lávky je zaistené kĺbovo pripojenými drevenými prvkami z LLD, umiestnené v rovine mostovky a v rovine horného hlavného pásu priehradovej lávky. Stuženie napomáha prenášaní účinku zaťaženia do oceľových portálov, ktoré sa nachádzajú v mieste uloženia lávky. Uloženie lávky pozostáva z oceľových ložísk, kde tri ložiska sú posuvné a jedno pevné. Reakcie v ložiskách sú prenášané do železo-betónových opier.

Návrh a posudok prvkov a spojov vybranej varianty je uvedený v kapitole 6 Súčasťou práce je vybraná projektová dokumentácia, ktorá sa nachádza v prílohe práce.

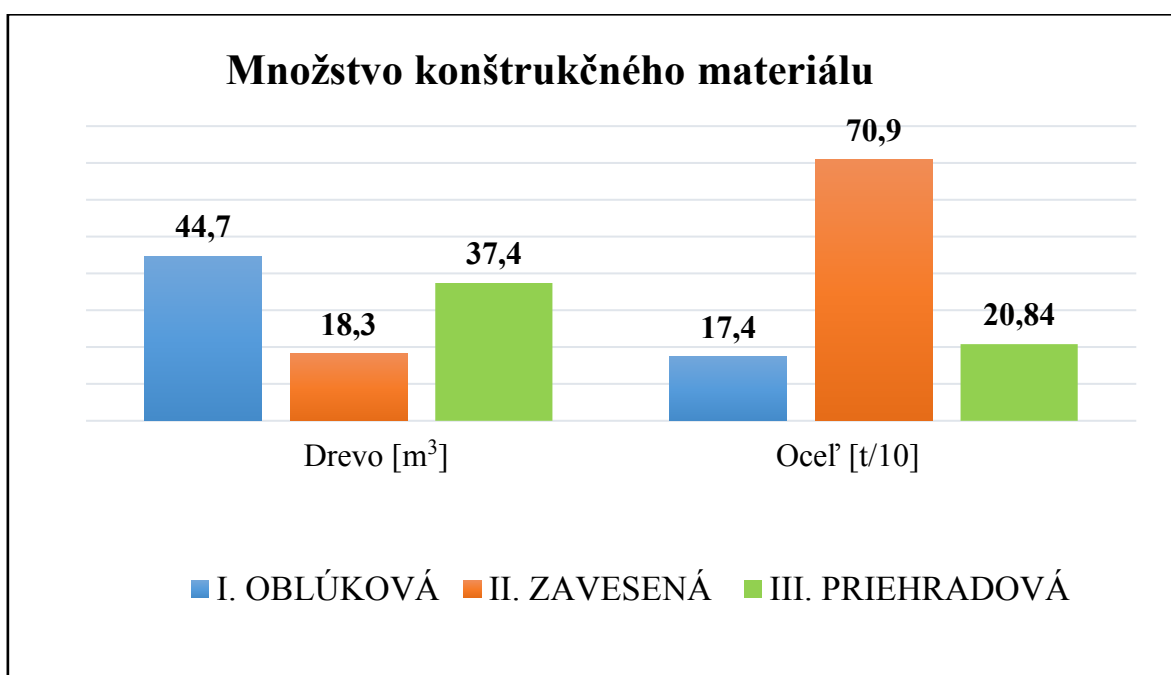


Obr. 33 Model lávky v programe Scia Engineer18



## 5. Výber optimálnej alternatívy

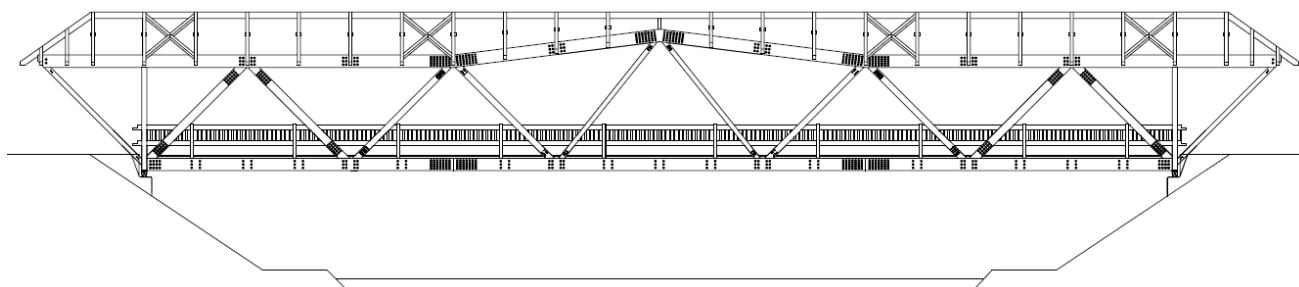
Pre zvolenie optimálnej varianty sú porovnávané vlastnosti konštrukcie ako tuhosť , dynamické chovanie, životnosť a trvanlivosť lávky. Ako optimálne riešenie je vybraná alternatíva 3., ktorú predstavuje priehradová lávka. Výber varianty je na základe estetických vlastností, tuhosti lávky a zastrešenie, ktoré podstatne zvyšuje životnosť celej konštrukcie. Je vytvorený stĺpcový graf pre porovnanie množstva potrebného materiálu v jednotlivých alternatív konštrukčných systémov.



## 6. Priehradová lávka

Charakteristika :

- |   |         |
|---|---------|
| - Rozpätie lávky:                           | 40 m    |
| - Celková dĺžka konštrukcie:                | 48,2 m  |
| - Voľná šírka mostu:                        | 3,35 m  |
| - Prevažujúci sklon strechy:                | 30°     |
| - Šírka strechy:                            | 5,33 m  |
| - Osová vzdialenosť priehradových nosníkov: | 4,5 m   |
| - Výška lávky:                              | 5,5 m   |
| - Osová vzdialenosť priečnikov:             | 2,0 m   |
| - Osová vzdialenosť pozdĺžníkov:            | 0,8 m   |
| - Umiestnenie konštrukcie:                  | Ostrava |
| - Názov vodného toku:                       | Ondra   |



*Obr. 34: Bočný pohľad - alternatíva 3*



## 6.1 Zastrešenie a opláštenie konštrukcie

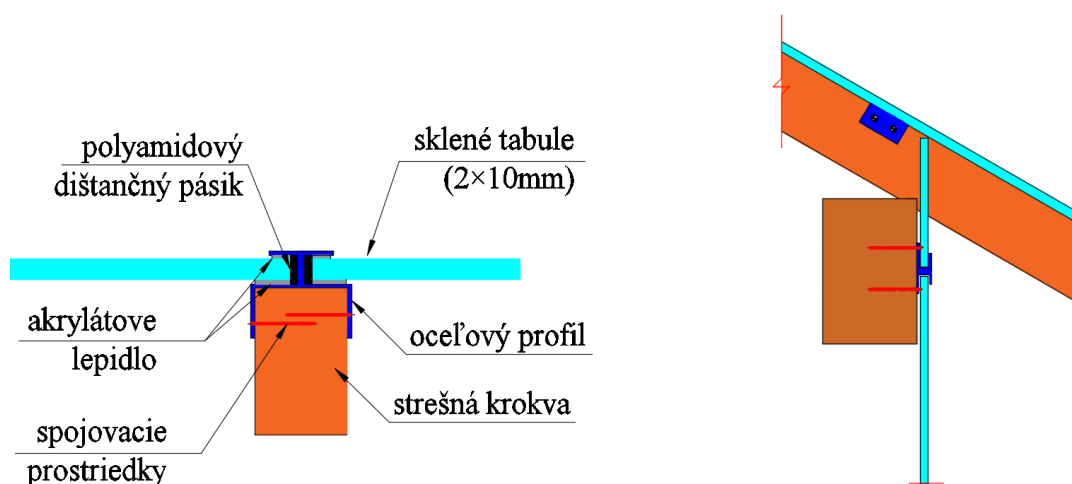
Zastrešenie a opláštenie je tvorené sklenými plochami. Táto podkapitola predstavuje názornú ukážku možného riešenia obálky lávky, pre zvýšenie životnosti a trvanlivosti celej konštrukcie. Obálka konštrukcie je tvorená sklenými panelmi, ktoré sú tvorené 2 vrstvami tepelne spevneného skla hr. 10 mm. Tieto panely sú kotvené po okrajoch skleného panela pomocou akrylátového lepidla. Do drážky oceľového profilu (Obr.) je vložený polyamidový dištančný pásik hr. 8mm, na ktorý je dotlačená bočná hrana sklenej tabule. Pásik slúži k oddelení skla a ocele a obmedzuje vzniku lokálnych špičiek napätia v skle v oblasti podpor a miestach pôsobiaceho zaťaženia. Lepidlo je nanesené po celej dĺžke pozdĺžnych špár, ktoré vznikli medzi sklenenou tabulou a oceľovým profilom. Hrúbka lepidla je vzhľadom k imperfekciám profilu a skla vymedzené špáry 2-4 mm.

- Strešný profil

Strešné oceľové profily, kotviace sklenené tabule sú umiestnené na drevené krokvy sedlového tvaru so sklonom 30°. Ako kotviace prostriedky sú použité vrúty D 8mm pri osovej vzdialenosti 500 mm.

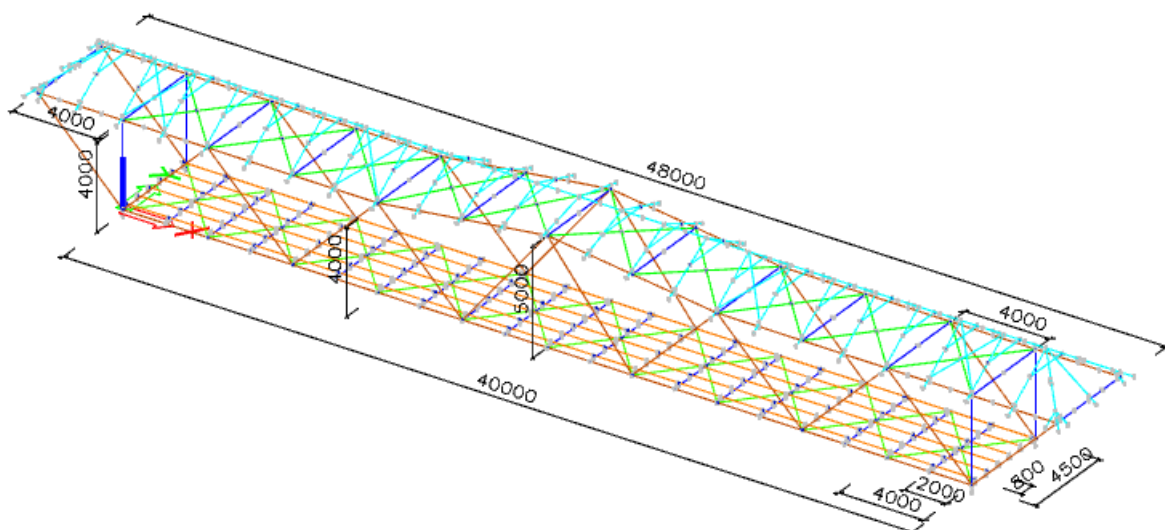
- Zvislé profily

Zvislé oceľové profily kotvia sklenené tabule na bočných stranách drevenej lávky, ktoré sú prichytené vrútni o horný a dolný hlavný pás priehradovej konštrukcie.



## 6.2 Výpočet zaťaženia

Na konštrukciu je uvažované zaťaženie: stále, úžitkové od dopravy, sneh, vietor. Stálym zaťažením lávky je vlastná tiaž nosných prvkov, mostiny a zábradlia. Úžitkové zaťaženie je uvažované davom chodcov. Obslužné vozidlo vo výpočte nebolo brané do úvahy, pretože je zabránené jeho vjazdu na konštrukciu dreveným stĺpikom. Objekt je situovaný v Ostrave, kde platia podmienky pre snehovú aj veternú oblasť II.



Obr. 35: Výpočetný model v programe Scia Engineer

### 6.2.1 Stále zaťaženie:

Vlastná hmotnosť konštrukčných prvkov použitých vo výpočtom programe Scia engineer 17.1, bolo zaťaženie automaticky generované na základe objemové hmotnosti a prierezovej plochy a dĺžky priradeného materiálu.

#### • Ostatné stále zaťaženie

Tab.7.: Výpočet stáleho zaťaženia

Ostatné stále zaťaženie	Materiál	$\gamma$ [kg/m <sup>3</sup> ]	Hrúbka [mm]	$g_k$ [kg/m <sup>2</sup> ]	Zať. šírka [mm]	$g_k$ [kN/m]	
mostiny - vnútorný pozdĺžnik	Dub - D40	650	60	39	800	<b>0,31</b>	
mostiny - krajný pozdĺžnik	Dub - D40	650	60	39	500	<b>0,20</b>	
zábradlie - krajný pozdĺžnik	Smrek - C24	-	-	-	-	<b>0,30</b>	
zasklenie + kovanie- strecha		-	2 x 10mm	35	2000	<b>0,70</b>	
zasklenie + kovanie- bočné zvislé zasklenie		-	2 x 10mm	35	4000 x 2000	<b>2,8</b>	[kN]
					4000 x 2500	<b>3,5</b>	[kN]

### 6.2.2 Premenné zaťaženie

- **Zaťaženie chodcami**

Pre výpočet zaťaženia chodcami bol použitý vzorec (3) pre redukovanie veľkosti zaťaženia chodcami. Vozidlo nebolo uvažované, pretože je zabránený vstup vozidlám na lávku. Zaťaženie je prepočítané na líniové zaťaženie pôsobiace v strednici pozdĺžnikov v mostovke.

$$q_{fk} = 2 + \frac{120}{L+30} = 2 + \frac{120}{40+30} = \mathbf{3,71 \text{ [kN/m}^2\text{]}} \quad (3)$$

Tab.8.: Zaťaženie chodcami - zvislé

Chodci : zvislé	$q_{f,k}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	Zať. šírka [mm]	$q_{f,k}$ [kN/m]
vnútorný pozdĺžnik	3,7	800	<b>3,0</b>
krajný pozdĺžnik	3,7	500	<b>1,9</b>

Tab.9.: Zaťaženie chodcami - vodorovné

Chodci : vodorovné	$q_{f,k}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	Zať. šírka [mm]	$q_{f,k}$ [kN/m]
vnútorný pozdĺžnik	0,37	800	<b>0,3</b>
krajný pozdĺžnik	0,37	500	<b>0,2</b>

- **Sneh**

Výpočet bol zhotovený podľa normy ČSN EN 1991-1-3 [23]. Strecha objektu ma sedlový tvar s prevažujúcim sklonom strechy 33,5°. Zaťaženie snehom vo výpočtovom modeli je počítané ako zaťažovací panel, ktorí pôsobí na krokrovú sústavu strešnej konštrukcie.

Charakteristická hodnota zaťaženia:  $S_k$

Určuje tiaž snehu na povrchu zeme. Požadovanú hodnotu je možné určiť z mapy snehových oblastí pre územie ČR, zatriedením do I. až VIII. skupiny zaťaženia, alebo presnejšiu výpočtovú hodnotu zaťaženia je možné získať na internetovej stránke ČHMÚ [1].

Snehová oblasť : **II.**  $S_{k,mapa} = \mathbf{1,0 \text{ [kN/m}^2\text{]}}$

Súčiniteľ expozície :  $C_e = 1,0 \text{ [-]}$

Vzhľadom na okolie stavby je objekt zaradený do kategórie normálnej expozície, kde nie je jednoduché premiestnenie snehu vplyvom vetra.

Teplotný súčiniteľ :  $C_t = 1,0 [-]$

Použitie na redukciiu zaťaženia snehom na strechách pri ktorých dochádza k topeniu snehu vplyvom vysokého prestupu tepla z interiéru. Keďže sa jedná o drevenú lávku umiestnenú v exteriéry, bez vykurovania interiéru, nedochádza k topeniu snehu, na základe čoho bol vybraný teplotný súčiniteľ.

Tvarový súčiniteľ:  $\mu_1$

Súčiniteľ  $\mu_1$  pre normálne podmienky sedlovej strechy sú definované Tab. 10.

Tab. 10. Tvarový súčiniteľ  $\mu$

uhol skolu strechy $\alpha$	$0^\circ \leq \alpha \leq 30^\circ$	$30^\circ < \alpha < 60^\circ$	$\alpha \geq 60^\circ$
$\mu_1$	0,8	$0,8(60-\alpha)/30$	0

Sklon strechy :  $\alpha = 30^\circ$

→ Tvarový súčiniteľ :  $\mu_1 = 0,8 [-]$

Výpočet zaťaženia snehom: pre tvarový súčiniteľ  $\mu_1$

$$S_{k1} = S_k \times C_e \times C_t \times \mu_1 \quad (4)$$

$$S_{k1} = 1,0 \times 1,0 \times 1,0 \times 0,8$$

$$S_{k1} = \mathbf{0,8} \quad [\text{kN/m}^2]$$

Osová vzdialenosť strešných krokiev je 2000 mm. Zaťažovacie stavy ZS4 a ZS5 sú vytvorené pre prípad zosuvu snehu z polovice strešnej konštrukcie.

$$\text{ZS 3} \quad \boxed{1,60 \quad 1,60} \quad [\text{kN/m}]$$

Zosunutý sneh :

$$\text{ZS4} \quad \boxed{0,0 \quad 1,60} \quad [\text{kN/m}]$$

$$\text{ZS5} \quad \boxed{1,60 \quad 0,0} \quad [\text{kN/m}]$$

- **Vietor**

Konštrukcia sa nachádza v 2. veternej oblasti s nadmorskou výškou 432m. n. m. s kategóriou terénu **III**.

Hustota vzduchu:  $\rho = 1,25 \text{ [kg/m}^3\text{]}$

Charakteristická rýchlosť vetru :  $v_{b,0} = 25,0 \text{ [m/s]}$

Súčiniteľ smeru vetru :  $c_{dir} = 1,0 \text{ [-]}$

Súčiniteľ ročného obdobia :  $c_{season} = 1,0 \text{ [-]}$

Základná rýchlosť vetru :

$$v_b = c_{dir} \times c_{season} \times v_{b,0} = 1,0 \times 1,0 \times 25,0 = 25,0 \text{ [m/s]}$$

Parametre drsnosti terénu:  $z_0 = 0,3 \text{ [m]}$

Minimálna výška:  $z_{min} = 5,0 \text{ [m]}$

Terén kategórie III:  $z_{0,II} = 0,3 \text{ [m]}$

Výška nad zemí:  $z = 5,0 \text{ [m]}$

Súčiniteľ terénu:

$$k_r = 0,19 \times \left( \frac{z_0}{z_{0,II}} \right)^{0,07} = 0,19 \times \left( \frac{0,3}{0,3} \right)^{0,07} = 0,19 \text{ [-]}$$

Súčiniteľ drsnosti terénu:

$$c_r(z) = k_r \times \ln \left( \frac{z}{z_0} \right) = 0,19 \times \ln \left( \frac{5}{0,3} \right) = 0,606 \text{ [-]}$$

Súčiniteľ ortografie:  $c_\theta(z) = 1,0 \text{ [-]}$

Súčiniteľ turbulencie:  $k_I = 1,0 \text{ [-]}$

Charakteristická rýchlosť vetru:

$$v_m(z) = c_r(z) \times c_\theta(z) \times v_b$$

$$v_m(z) = 0,606 \times 1,0 \times 25$$

$$v_m(z) = 15,15 \text{ [m/s]}$$

Intenzita turbulencie

$$I_v(z) = \frac{k_I}{c_\theta(z) \times \ln \left( \frac{z}{z_0} \right)}$$

$$I_v(z) = \frac{1,0}{1,0 \times \ln \left( \frac{5}{0,3} \right)}$$

$$I_v(z) = 0,355 \text{ [-]}$$

Základný dynamický tlak vetra

$$q_b = 0,5 \times \rho \times v_m^2$$

$$q_b = 0,5 \times 1,25 \times 15,15^2$$

$$q_b = 0,23 \text{ [kN/m}^2\text{]}$$

Maximálny charakteristický tlak

$$q_k(z) = [1 + 7 \times I_v(z)] \times 0,5 \times \rho \times v_m^2$$

$$q_k(z) = [1 + 7 \times 0,274] \times 0,5 \times 1,25 \times 15,15^2$$

$$q_k(z) = \mathbf{0,50 \text{ [kN/m}^2\text{]}}$$

Súčiniteľ expozície:  $C_e(z) = \frac{q_k(z)}{q_b} = \frac{0,50}{0,23} = 2,1739 \text{ [-]}$

- Výpočet tlaku vetru na strešnú konštrukciu

**Tab.11 - Súčiniteľe vonkajšieho tlaku vetra  $C_{pe,10}$**

Priečny a pozdĺžny vietor						
zvislé steny		strešné plochy				
oblasť	$c_{pe,10} \text{ [-]}$	oblasť	$c_{pe,10} \text{ [-]}$		oblasť	$c_{pe,10} \text{ [-]}$
A	-1,20	F	-0,50	0,50	K	-0,50
B	-0,80	G	-0,80	0,70	L	-1,40
C	-0,50	H	-0,20	0,40	M	-0,80
D	0,70	I	-0,40	-0,40	N	-0,20
E	-0,30	J	-0,70	-0,70		

- Súčinitele vnútorného tlaku vetra  $C_{pi,10}$

$$C_{pi,10} = -0,3 \text{ [-]}; C_{pi,10} = 0,2 \text{ [-]}$$

$$w_k = q_p(z) \times (C_{pe} - C_{pi}) \text{ [kN/m}^2\text{]} \quad (5)$$

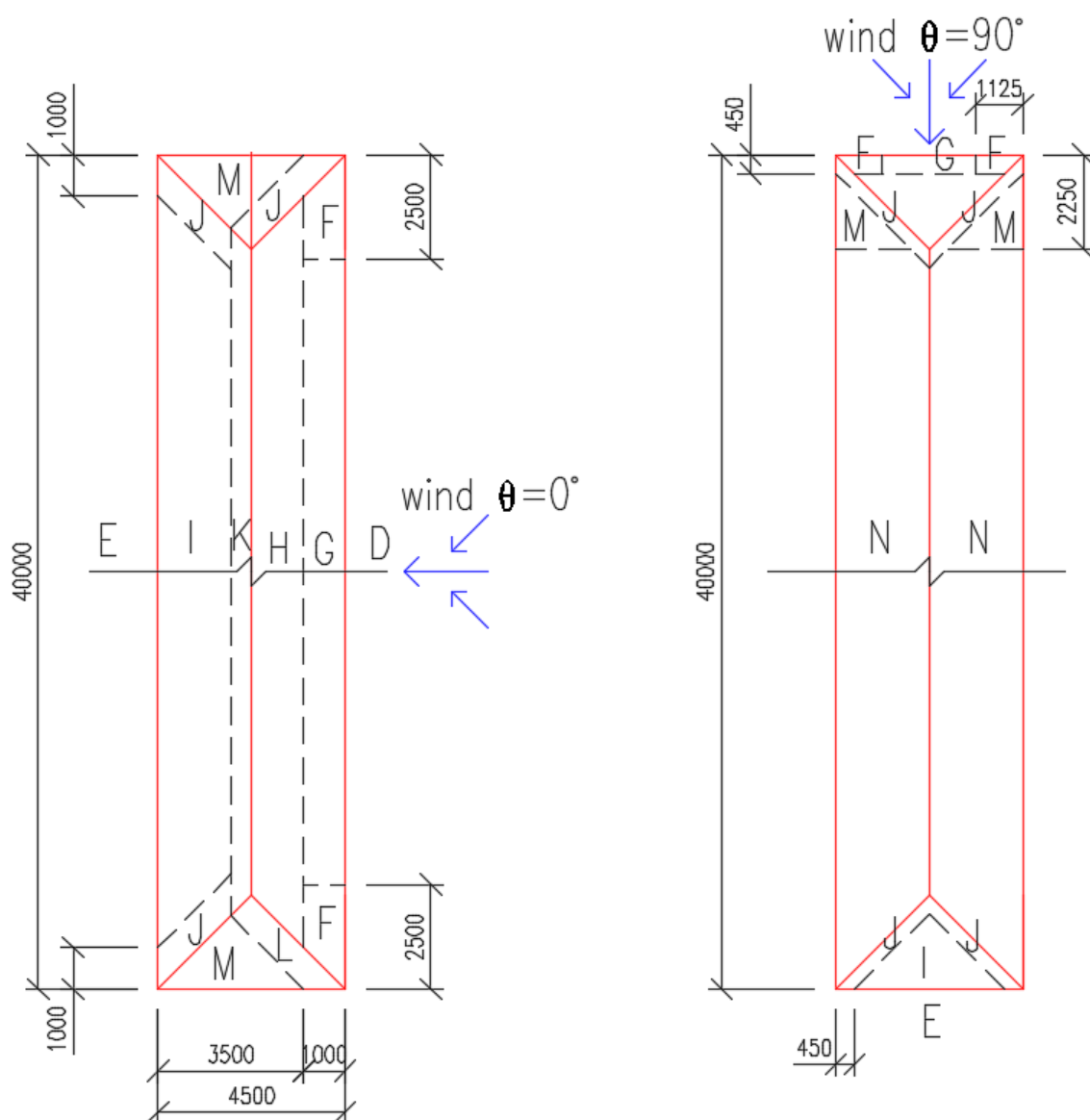
**Tab.12 – Plošné zaťaženie na strechu aj steny  $C_{pi}=+0,2$**

Priečny a pozdĺžny vietor						
zvislé steny		strešné plochy				
oblasť	$w_k \text{ [kN/m}^2\text{]}$	oblasť	$w_k \text{ [kN/m}^2\text{]}$		oblasť	$w_k \text{ [kN/m}^2\text{]}$
A	-0,70	F	-0,35	0,15	K	-0,35
B	-0,50	G	-0,50	0,25	L	-0,80
C	-0,35	H	-0,20	0,10	M	-0,50
D	0,25	I	-0,30	-0,30	N	-0,20
E	-0,25	J	-0,45	-0,45		



Tab. 13 Plošné zaťaženie na strechu aj steny  $C_{pi}=-0,3$

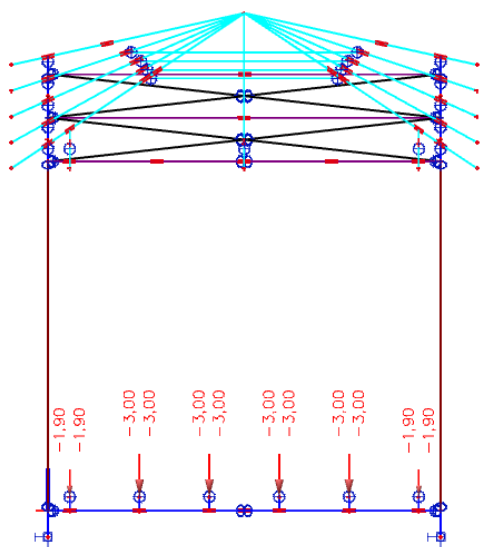
Priechy a pozdĺžny vietor						
zvislé steny		strešné plochy				
oblasť	$w_k[kN/m^2]$	oblasť	$w_k[kN/m^2]$		oblasť	$w_k[kN/m^2]$
A	-0,45	F	-0,10	0,40	K	-0,10
B	-0,25	G	-0,25	0,50	L	-0,55
C	-0,10	H	0,05	0,35	M	-0,25
D	0,50	I	-0,05	-0,05	N	0,05
E	0,00	J	-0,20	-0,20		



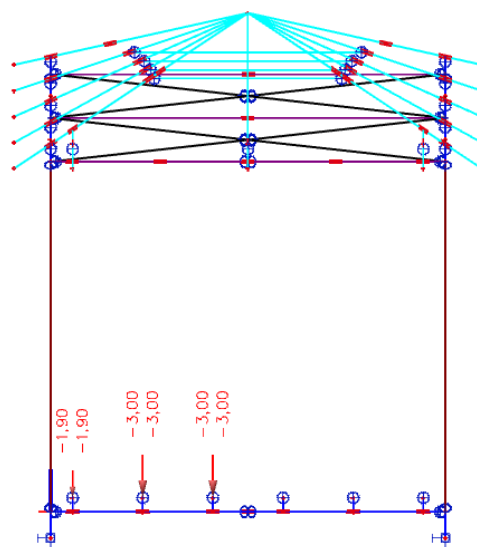
Obr. 36: Pôdorys veterných oblastí



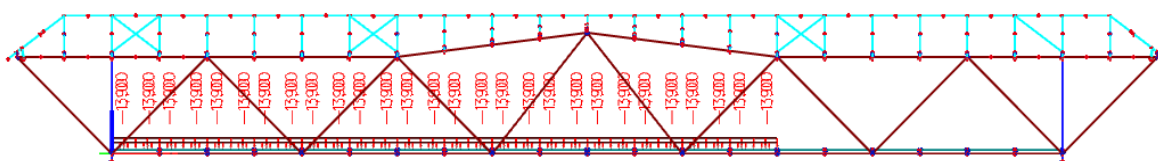
ZS6 – zaťaženie chodci



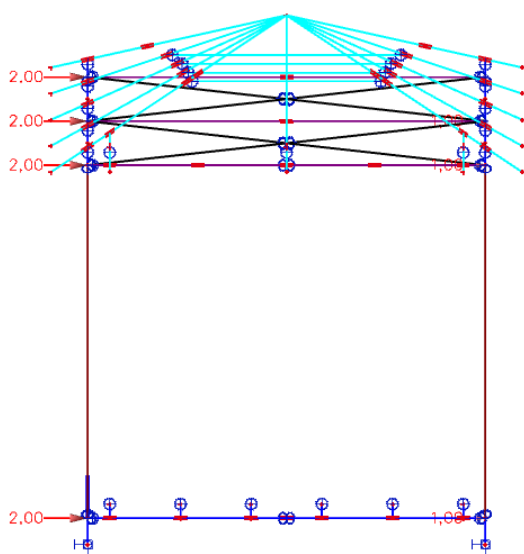
ZS7 – zaťaženie chodci 1/2 mostovky



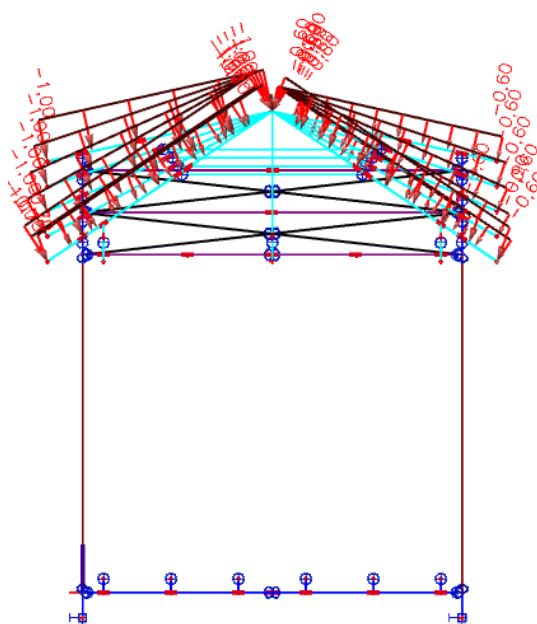
ZS8 – zaťaženie chodci 3/4 rozpätia



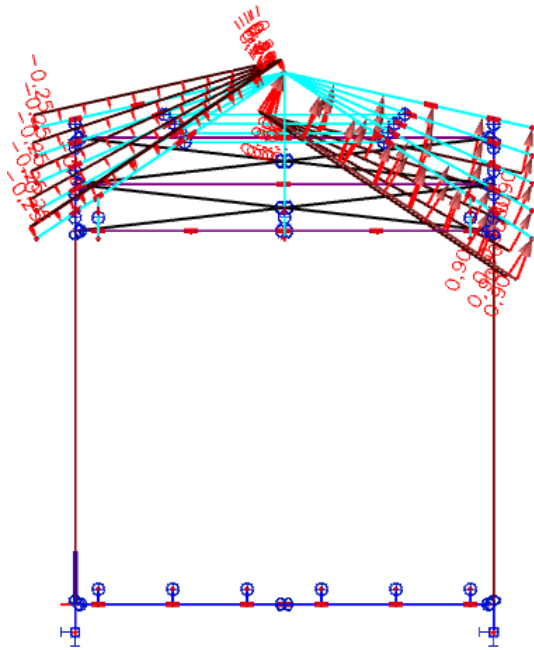
ZS9 – zaťaženie vetrom smer X



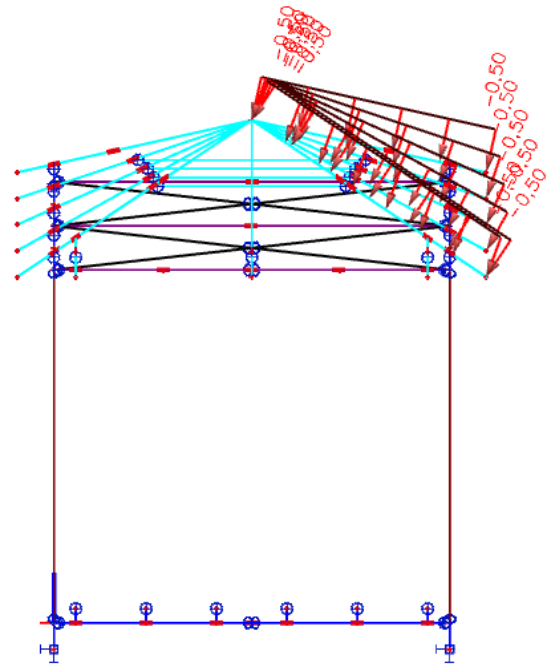
ZS10 – zaťaženie vetrom smer Z



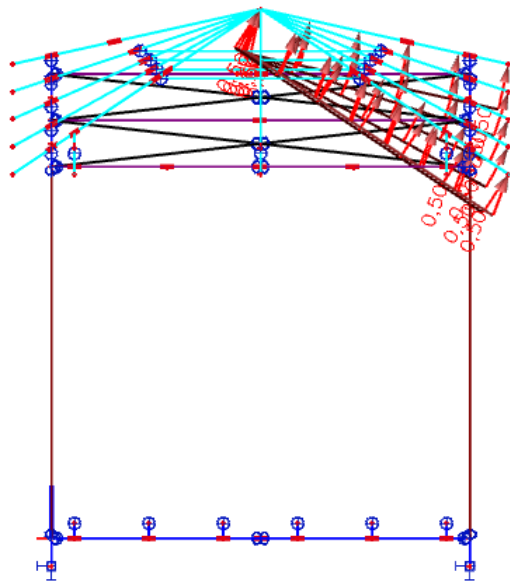
ZS11 – zaťaženie vetrom smer  $Z^+$



ZS12 – zaťaženie vetrom smer 1/2 Z-



ZS12 – zaťaženie vetrom smer 1/2 Z<sup>+</sup>



## 6.4 Návrh a posudok prvkov

Výpočet bol zhotovený študentskej verzií programu Scia Engineer 17.1. Celkovo bolo vytvorených 12 zaťažovacích stavov, 128 nelineárnych kombinácií pre posúdenie na MSÚ a 4 nelineárne kombinácie pre posúdenie na MSP. Kombinácie zaťaženia boli vytvorené na základe vzťahu v norme ČSN EN 1990 [24].

pre MSÚ:

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_{Q,1} Q_{k,1} + \sum_{i \geq 1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i} \quad (6)$$

a pre posúdenie na MSP :

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + Q_{k,1} + \sum_{i \geq 1} \psi_{0,i} Q_{k,i} \quad (7)$$

kde:

$\gamma_{G,j}$	je dielči súčiniteľ $j$ -tého stálego zaťaženi
$G_{k,j}$	je charakteristická hodnota $j$ -tého stálego zaťaženia
$Q_{k,1}$	je charakteristická hodnota hlavného premenného zaťaženia
$Q_{k,i}$	je charakteristická hodnota vedľajšieho $i$ -tého premenného zaťaženia
$\gamma_{Q,1}$	je dielči súčiniteľ hlavného premenného zaťaženia
$\gamma_{Q,i}$	je dielči súčiniteľ $i$ -tého premenného zaťaženia
$\psi_{0,i}$	je súčiniteľ pro kombinační hodnotu premenného zaťaženia
	- $\psi_{0,3} = 0,5 \dots$ pre zaťaženie snehom
	- $\psi_{0,6} = 0,4 \dots$ pre zaťaženie davom chodca
	- $\psi_{0,10} = 0,3 \dots$ pre zaťaženie vetrom

### 6.4.1 Horný hlavný pás

Horný hlavný pás lávky je navrhnutý z LLD dreva pevnostnej triedy GL 28h obdĺžnikového prierezu.

Návrh: **GL 28h: 240 × 480 [mm]**

Prierezové charakteristiky:

$$A = b \times h = 115,2 \times 10^3 \text{ [mm}^2\text{]}$$

$$W_y = \frac{1}{6} b \times h^2 = 92,16 \times 10^5 \text{ [mm}^3\text{]}$$

$$W_z = \frac{1}{6} b^2 \times h = 46,08 \times 10^5 \text{ [mm}^3\text{]}$$

$$I_y = \frac{1}{12} b \times h^3 = 2,212 \times 10^9 \text{ [mm}^4\text{]}$$

$$I_z = \frac{1}{12} b^3 \times h = 5,530 \times 10^8 \text{ [mm}^4\text{]}$$

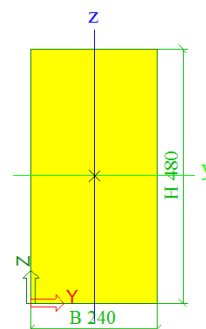
$$i_y = \sqrt{\frac{I_y}{A}} = 138,56 \text{ [mm]}$$

$$i_z = \sqrt{\frac{I_z}{A}} = 69,3 \text{ [mm]}$$

Účinná plocha prierezu  $A_{ef}$  podľa ČSN EN 1995-1-1/A1:  $k_{cr} = 0,67$  [-]

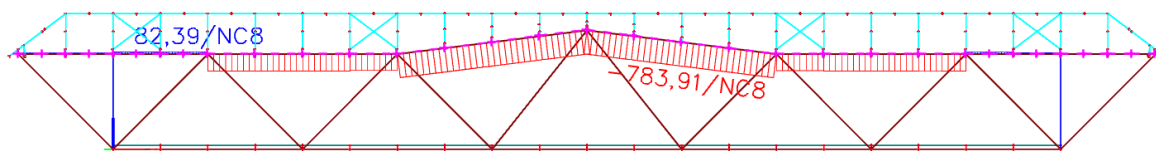
$$b_{ef} = k_{cr} \times b = 0,67 \times 120 = 160,8 \text{ [mm]}$$

$$A_{ef} = b_{ef} \times h = 160,8 \times 480 = 77\,184 \text{ [mm}^2\text{]}$$

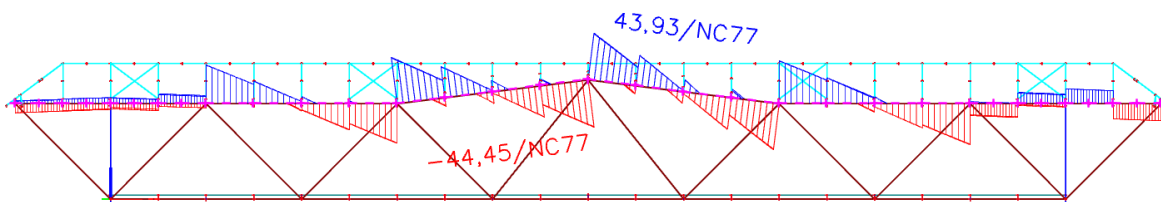


Vnútorne sily:

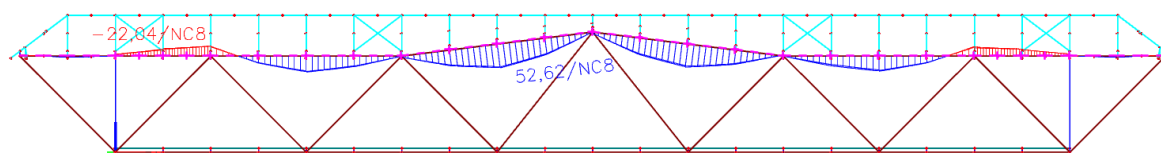
$N_{Ed,max}$  [kN]



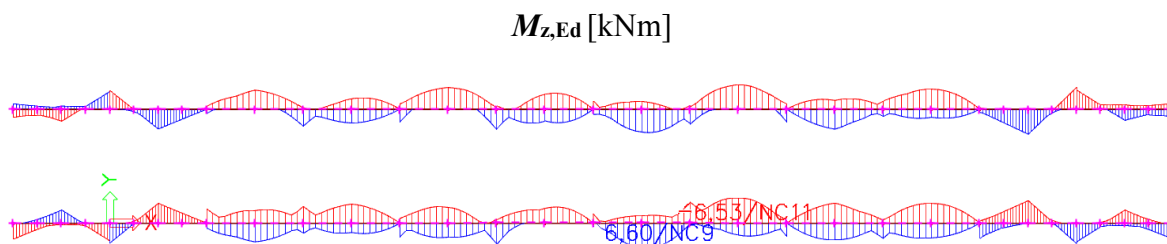
$V_{Ed,max}$  [kN]



$M_{y,Ed}$  [kNm]







Rozhodujúca kombinácia zaťaženia:

$$NC8 (1,35 \times ZS1 + 1,35 \times ZS2 + 1,35 \times ZS3 + 0,45 \times ZS7)$$

$$NC77 (1,35 \times ZS1 + 1,35 \times ZS2 + 1,35 \times ZS5 + 0,45 \times ZS11)$$

Maximálna normálová sila:  $N_{Ed,max} = 783,9$  [kN]

Maximálna posúvajúca sila:  $V_{Ed,max} = 44,5$  [kN]

Príslušný návrhový ohybový moment k ose y:  $M_{Ed,y,prisl} = 52,6$  [kNm]

Príslušný návrhový ohybový moment k ose z:  $M_{Ed,z,prisl} = 6,6$  [kNm]

Návrhové šmykové napätie:

$$\tau_{d,z} = \frac{3 V_{Ed}}{2 A_{ef}} = 0,72$$
 [MPa]

**Posúdenie MSÚ - šmyk:**

$$\tau_{d,z} \leq f_{v,d}$$

$$0,85$$
 [MPa]  $\leq$   $1,88$  [MPa]  $\rightarrow$  **Vyhovuje**

Návrhové napätie v tlaku rovnobežne s vláknami:

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N_{Ed,max}}{A} = 6,68$$
 [MPa]

Návrhové napätie v ohybu k ose y:

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_{Ed,y,prisl}}{W_y} = 5,12$$
 [MPa]

Návrhové napätie v ohybu k ose z:

$$\sigma_{m,z,d} = \frac{M_{Ed,z,prisl}}{W_z} = 1,43$$
 [MPa]

- Posúdenie MSÚ:

Vzperné dĺžky:

$$\text{v rovine:} \quad L_{cr,y} = 8\,000 \text{ [mm]}$$

$$\text{z roviny:} \quad L_{cr,z} = 4000 \text{ [mm]}$$

Štíhlosť prvku:

$$\lambda_y = \lambda_z = \frac{L_{cr,y,z}}{i_{y,z}} = 57,74 \text{ [-]}$$

Pomerné štíhlosti:

$$\lambda_{rel,y} = \lambda_{rel,z} = \frac{\lambda_{y,z}}{\pi} \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}} = 0,966 \text{ [-]}$$

$$\text{Súčiniteľ priamosti (LLD):} \quad \beta_c = 0,1 \text{ [-]}$$

Súčinitele:

$$k_y = k_z = 0,5(1 + \beta_c(\lambda_{rel,y,z} - 0,3) + \lambda_{rel,y,z}^2) = 0,999 \text{ [-]}$$

Súčinitele vzpernosti:  $k_{c,y}; k_{c,z}$

$$k_{c,y} = k_{c,z} = \frac{1}{k_{y,z} + \sqrt{k_{y,z}^2 - \lambda_{rel,y,z}^2}} = 0,80 \text{ [-]}$$

$$\text{Súčiniteľ zohľadňujúci redistribúciu ohybových napätí v prierezu:} \quad k_m = 0,7 \text{ [-]}$$

**Posúdenie MSÚ:**

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y} f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,d}} \leq 1$$

$$\frac{6,68}{0,80 \cdot 14,84} + \frac{5,12}{15,68} + 0,7 \frac{1,43}{15,68} \leq 1$$

$$0,95 \leq 1 \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z} f_{c,0,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,d}} \leq 1$$

$$\frac{6,68}{0,80 \cdot 14,84} + 0,7 \frac{5,122}{15,68} + \frac{1,43}{15,68} \leq 1$$

$$0,88 \leq 1 \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

- Zjednodušené posúdenie globálnej stability horných pásov
  - Celková plocha prierezu:  $A_{tot} = 2 \cdot A = 230,4 \times 10^3 \text{ [mm}^2\text{]}$
  - Svetlá vzdialenosť medzi hornými pásmi:  $a = 4200 \text{ [mm]}$
  - Celkový moment zotrvačnosti:

$$I_{tot} = \frac{h \cdot [(2b+a)^3 - a^3]}{12} = 1\,136,6 \times 10^9 \text{ [mm}^4\text{]}$$

- Osová vzdialenosť:  $l_1 = 4000 \text{ [mm]}$
- Vzperná dĺžka pre vybočenie z roviny:  $l = 20\,000 \text{ [mm]}$
- Súčiniteľ podľa tabuľky C.1:  $\eta = 2,5 \text{ [-]}$
- Štíhlosť pomer drieku:  $\lambda_1 = \sqrt{12} \cdot \frac{l_1}{h} = \sqrt{12} \cdot \frac{4000}{480} = 30,31 \text{ [-]}$
- Štíhlostný pomer členeného prútu:

$$\lambda = l \times \sqrt{\frac{A_{tot}}{I_{tot}}} = 9,005 \text{ [-]}$$

- Počet driekov:  $n = 2 \text{ [-]}$
- Účinný štíhlostný pomer:

$$\lambda_{ef} = \sqrt{\lambda^2 + \eta \cdot \frac{n}{2} \cdot \lambda_1^2} = 48,76 \text{ [-]}$$

- Pomerný štíhlostný pomer:

$$\lambda_{rel,z} = \frac{\lambda_{ef}}{\pi} \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}} = 0,8155 \text{ [-]}$$

- Súčiniteľ vzpernosti:

$$\text{Súčiniteľ priamosti (LLD): } \beta_c = 0,1 \text{ [-]}$$

$$k_z = 0,5(1 + \beta_c(\lambda_{rel,z} - 0,3) + \lambda_{rel,z}^2) = 1,090 \text{ [-]}$$

$$k_{c,z} = \frac{1}{k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{rel,z}^2}} = 0,55 \text{ [-]}$$

- Návrhové napätie v tlaku rovnobežne s vláknami:

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{2 \cdot N_{Ed}}{A} = 2,25 \text{ [MPa]}$$

$$\text{Posúdenie MSÚ – vzperný tlak: } \frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z} \cdot f_{c,0,d}} \leq 1$$

$$0,59 \leq 1 \rightarrow \textbf{Vyhovuje}$$

### 6.4.2 Dolný hlavný pás

Dolné hlavne pásy priehradovej lávky sú navrhnuté z LLD pevnostnej triedy GL 28h obdĺžnikového prierezu. Rozhodujúca únosnosť pre návrh je kombinácia ohybu a ťahu rovnobežne s vláknami.

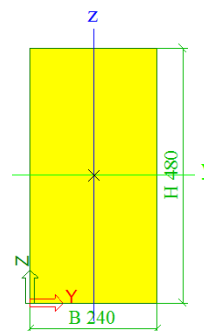
Návrh: **GL 28h : 240 × 480 [mm]**

Prierezové charakteristiky:

$$A = b \times h = 320 \times 10^3 \text{ [mm}^2\text{]}$$

$$W_y = \frac{1}{6} b \times h^2 = 9,216 \times 10^6 \text{ [mm}^3\text{]}$$

$$W_z = \frac{1}{6} b^2 \times h = 4,608 \times 10^6 \text{ [mm}^3\text{]}$$



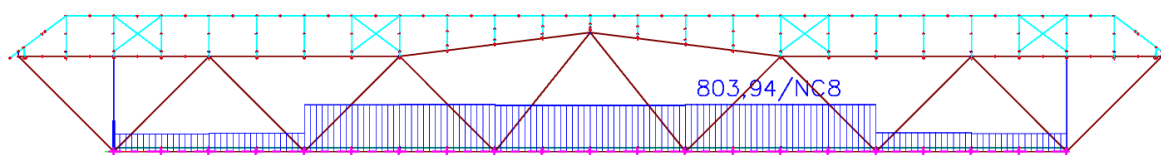
Účinná plocha prierezu  $A_{ef}$  podľa ČSN EN 1995-1-1/A1:  $k_{cr} = 0,67 [-]$

$$b_{ef} = k_{cr} \times b = 0,67 \times 240 = 160,8 \text{ [mm]}$$

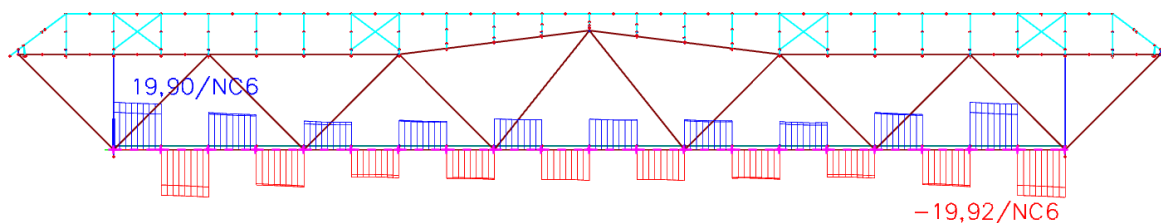
$$A_{ef} = b_{ef} \times h = 160,8 \times 480 = 77\,184 \text{ [mm}^2\text{]}$$

Vnútorne sily:

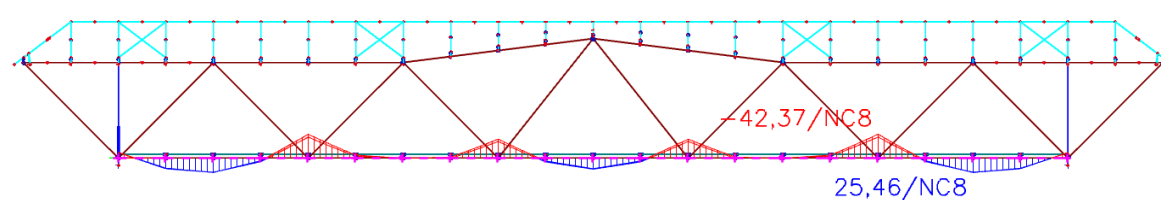
$N_{Ed,max}$  [kN]



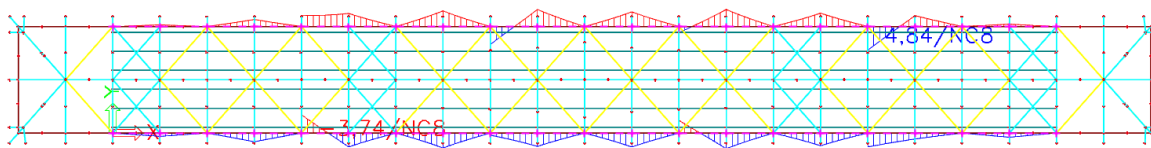
$V_{Ed,max}$  [kN]



$M_{Ed,y,prisl}$  [kNm]



$$M_{Ed,z,prisl} [kNm]$$



Rozhodujúca kombinácia zaťaženia pre MSÚ je **NC6** pre max. posúvajúcu silu a **NC8** pre max. normálovú silu a príslušné ohybové momenty.

$$NC6 (1,35 \times ZS1 + 1,35 \times ZS2 + 1,35 \times ZS3 + 1,35 \times ZS6 + 0,45 \times ZS10)$$

$$NC8 (1,35 \times ZS1 + 1,35 \times ZS2 + 1,35 \times ZS3 + 1,35 \times ZS7 + 0,45 \times ZS10)$$

$$\text{Maximálna normálová sila:} \quad N_{Ed,max} = 803,9 [kN]$$

$$\text{Maximálna posúvajúca sila:} \quad V_{Ed,max} = 566,0 [kN]$$

$$\text{Príslušný návrhový ohybový moment k ose y:} \quad M_{Ed,y,prisl} = 42,4 [kNm]$$

$$\text{Príslušný návrhový ohybový moment k ose z:} \quad M_{Ed,z,prisl} = 4,8 [kNm]$$

Návrhové šmykové napätie:

$$\tau_{d,z} = \frac{3 V_{Ed}}{2 A_{ef}} = 0,39 [MPa]$$

**Posúdenie MSÚ - šmyk:**

$$\tau_{d,z} \leq f_{v,d}$$

$$0,39 [MPa] \leq 1,88 [MPa] \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

Návrhové napätie v ťahu rovnobežne s vláknami:

$$\sigma_{t,0,d} = \frac{N_{Ed,max}}{A} = 6,98 [MPa]$$

Návrhové napätie v ohybu k ose y:

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_{Ed,y,prisl}}{W_y} = 4,14 [MPa]$$

Návrhové napätie v ohybu k ose z:

$$\sigma_{m,z,d} = \frac{M_{Ed,z,prisl}}{W_z} = 1,05 [MPa]$$

**Posúdenie na MSÚ** - kombinácia ohybu a ťahu rovnobežne s vláknami:

Súčiniteľ zohľadňujúci redistribúciu ohybových napätí v prierezu:  $k_m=0,7[-]$

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,d}} \leq 1$$

$$\frac{6,98}{10,92} + \frac{4,14}{15,68} + 0,7 \frac{1,05}{15,68} \leq 1$$

**0,95 ≤ 1 → Vyhovuje**

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,d}} \leq 1$$

$$\frac{6,98}{10,92} + 0,7 \frac{4,14}{15,68} + \frac{1,05}{15,68} \leq 1$$

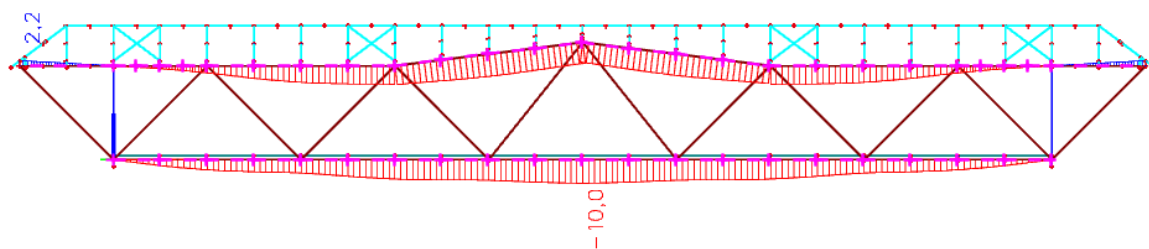
**0,89 ≤ 1 → Vyhovuje**

**MSP – 1) zvislý prieťah**

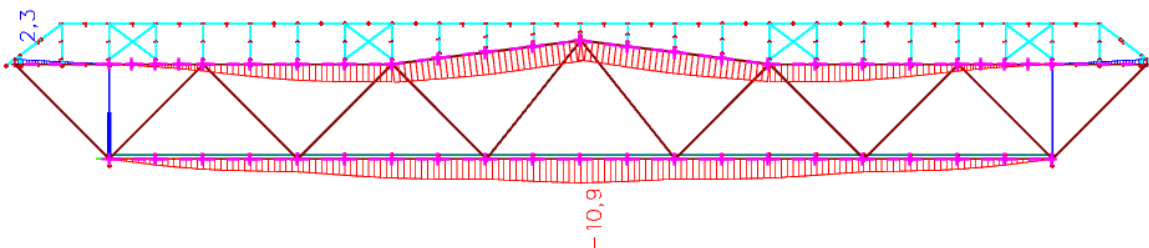
Veľkosť rozpätia  $L=40$  m.

Hodnoty zvislých prieťahov:

ZS1- stále zaťaženie

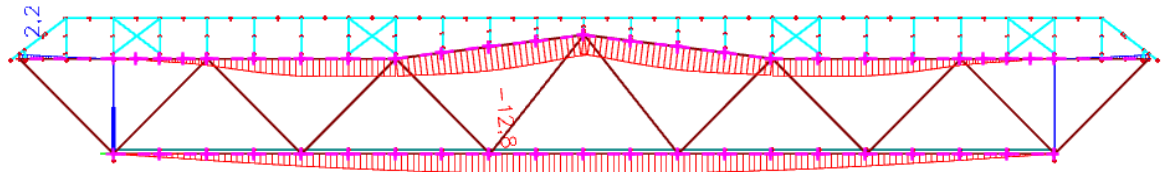


ZS2 - ostatné stále zaťaženie

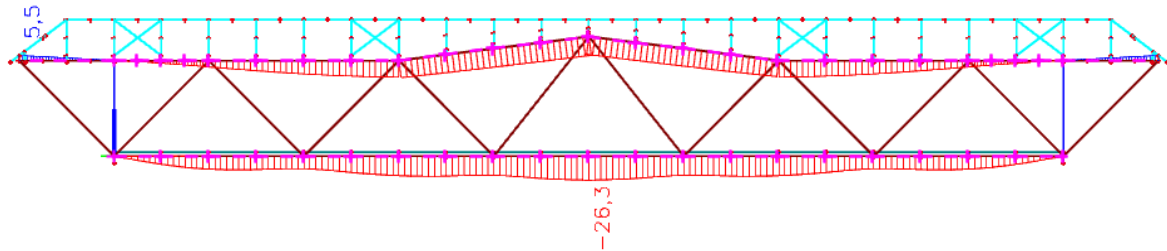




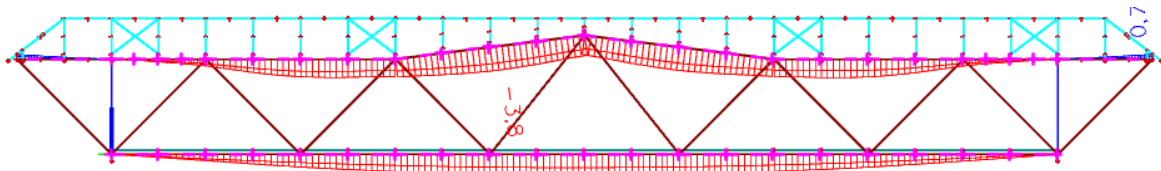
ZS3- zaťaženie snehom



ZS6- zaťaženie chodci



ZS10- zaťaženie vetrom Z



Súčiniteľ dotvarovania (LLD; trieda prevádzky 3):  $k_{\text{def}} = 2,0 [-]$

Kombinačné súčinitele:  $\psi_{0,3} = 0,5 [-]$ ;  $\psi_{0,10} = 0,3 [-]$ ;  $\psi_{2,3} = 0 [-]$ ;  $\psi_{2,6} = 0 [-]$ ;  $\psi_{2,10} = 0 [-]$

Okamžitý prieťah:

Konečný prieťah:

$$w_{\text{inst,ZS1}} = 10 \text{ [mm]}$$

$$w_{\text{fin,ZS1}} = w_{\text{inst,ZS1}} \times (1 + k_{\text{def}}) = 30 \text{ [mm]}$$

$$w_{\text{inst,ZS2}} = 11 \text{ [mm]}$$

$$w_{\text{fin,ZS2}} = w_{\text{inst,ZS2}} \times (1 + k_{\text{def}}) = 33 \text{ [mm]}$$

$$w_{\text{inst,ZS3}} = 12,8 \text{ [mm]}$$

$$w_{\text{fin,ZS3}} = w_{\text{inst,ZS3}} \times (\psi_{0,3} + \psi_{2,3} \times k_{\text{def}}) = 6,4 \text{ [mm]}$$

$$w_{\text{inst,ZS6}} = 26,3 \text{ [mm]}$$

$$w_{\text{fin,ZS6}} = w_{\text{inst,ZS6}} \times (1 + \psi_{2,6} \times k_{\text{def}}) = 26,3 \text{ [mm]}$$

$$w_{\text{inst,ZS10}} = 3,8 \text{ [mm]}$$

$$w_{\text{fin,ZS10}} = w_{\text{inst,ZS10}} \times (\psi_{0,10} + \psi_{2,10} \times k_{\text{def}}) = 1,2 \text{ [mm]}$$

$$w_{\text{inst}} = w_{\text{inst,ZS1}} + w_{\text{inst,ZS2}} + w_{\text{inst,ZS3}} + w_{\text{inst,ZS6}} + \psi_{0,7} \times w_{\text{inst,ZS10}} = 61,3 \text{ [mm]}$$

$$w_{\text{fin}} = w_{\text{fin,ZS1}} + w_{\text{fin,ZS2}} + w_{\text{fin,ZS3}} + w_{\text{fin,ZS6}} + w_{\text{fin,ZS7}} = 96,9 \text{ [mm]}$$

### Posúdenie MSP :

Posúdenie okamžitého priehybu:  $w_{\text{inst}} \leq \frac{l}{300}$

$$61,3 \text{ [mm]} \leq 133 \text{ [mm]} \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

Posúdenie konečného priehybu:  $w_{\text{fin}} \leq \frac{l}{250}$

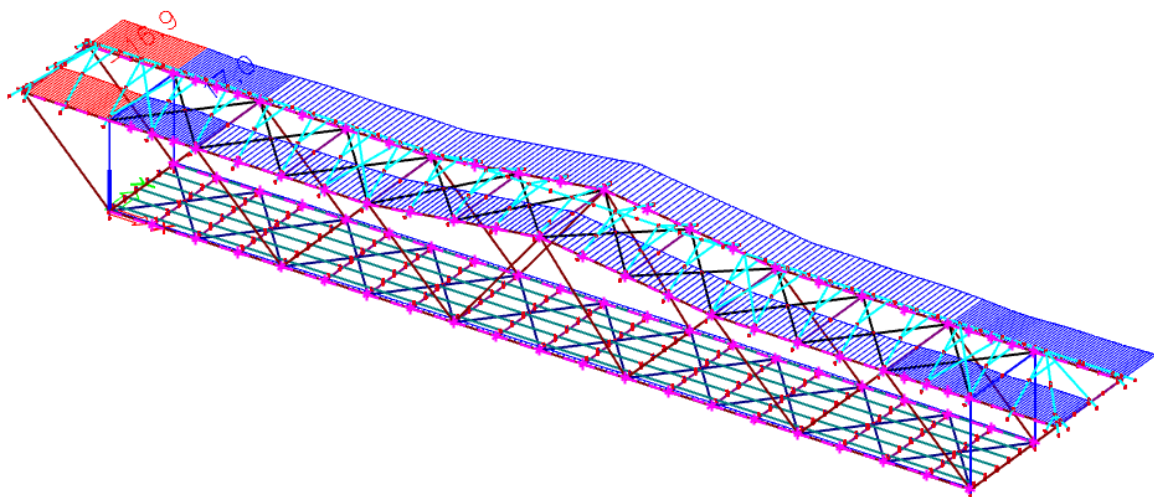
$$96,9 \text{ [mm]} \leq 160 \text{ [mm]} \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

Posúdenie okamžitého priehybu spôsobený chodcami:

$$w_{\text{inst}} \leq \frac{l}{400}$$

$$26,3 \text{ [mm]} \leq 100 \text{ [mm]} \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

### MSP – 2) vodorovný priehyb



Posúdenie okamžitého priehybu spôsobený chodcami:

$$w_{\text{inst}} \leq \frac{l}{1000}$$

$$17 \text{ [mm]} \leq 40 \text{ [mm]} \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

### 6.4.3 Diagonály

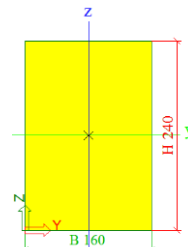
- **Diagonály 1:**

Diagonály sú je navrhnuté z LLD dreva pevnostnej triedy GL 28h obdĺžnikového prierezu, dĺžky 5,66 m. Nachádzajú sa na začiatku lávky a podopierajú strešnú konštrukciu.

Návrh: **GL 28h : 160 × 240 [mm]**

Prierezové charakteristiky:

$$A = b \times h = 38,4 \times 10^3 \text{ [mm}^2\text{]}$$



$$I_y = \frac{1}{12} b \times h^3 = 1,84 \times 10^8 \text{ [mm}^4\text{]}$$

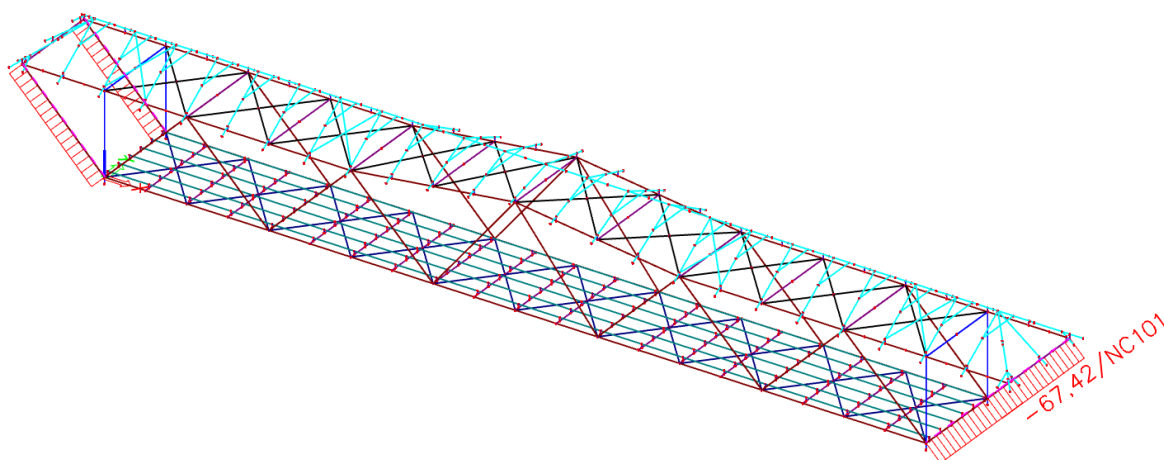
$$i_y = \sqrt{\frac{I_y}{A}} = 69,3 \text{ [mm]}$$

$$I_z = \frac{1}{12} b^3 \times h = 8,19 \times 10^7 \text{ [mm}^4\text{]}$$

$$i_z = \sqrt{\frac{I_z}{A}} = 46,2 \text{ [mm]}$$

Vnútorne sily :

$N_{Ed,max}$  [kN]



NC101 (1,35×ZS1 + 1,35×ZS2 + 1,35×ZS3 + 0,45×ZS10)

Maximálna tlaková normálová sila:

$$N_{Ed,max} = - 67,4 \text{ [kN]}$$

Návrhové napätie v tlaku rovnobežne s vláknami:

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N_{Ed,max+}}{A} = 1,80 \text{ [MPa]}$$

- Posúdenie MSÚ: vzperná únosnosť

Vzperné dĺžky:

$$L_{cr,y} = L_{cr,z} = L = 5\,660 \text{ [mm]}$$

Štíhlosť prvku:

$$\lambda_y = \frac{L_{cr,y}}{i_y} = 81,64 \text{ [-]}$$

$$\lambda_z = \frac{L_{cr,z}}{i_z} = 122,46 \text{ [-]}$$

Pomerné štíhlosti:

$$\lambda_{rel,y} = \frac{\lambda_y}{\pi} \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}} = 1,37 \text{ [-]}$$

$$\lambda_{rel,z} = \frac{\lambda_z}{\pi} \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}} = 2,05 \text{ [-]}$$

Súčiniteľ priamosti (LLD):  $\beta_c = 0,1 \text{ [-]}$

Súčinitele:

$$k_y = 0,5(1 + \beta_c(\lambda_{rel,y} - 0,3) + \lambda_{rel,y}^2) = 1,485 \text{ [-]}$$

$$k_z = 0,5(1 + \beta_c(\lambda_{rel,z} - 0,3) + \lambda_{rel,z}^2) = 2,684 \text{ [-]}$$

Súčinitele vzpernosti:  $k_{c,y}; k_{c,z}$

$$k_{c,y} = \frac{1}{k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel,y}^2}} = 0,48 \text{ [-]}$$

$$k_{c,z} = \frac{1}{k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{rel,z}^2}} = 0,23 \text{ [-]}$$

**Posúdenie MSÚ:**

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y} f_{c,0,d}} \leq 1$$

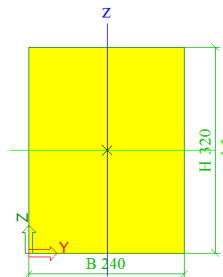
$$\frac{1,80}{0,23 \cdot 14,84} \leq 1$$

**0,54 ≤ 1 → Vyhovuje**

- **Diagonály 2:**

Návrh: **GL 28h : 240 × 320 [mm]**

Prierezové charakteristiky:  $A = b \times h = 76,8 \times 10^3 \text{ [mm}^2\text{]}$



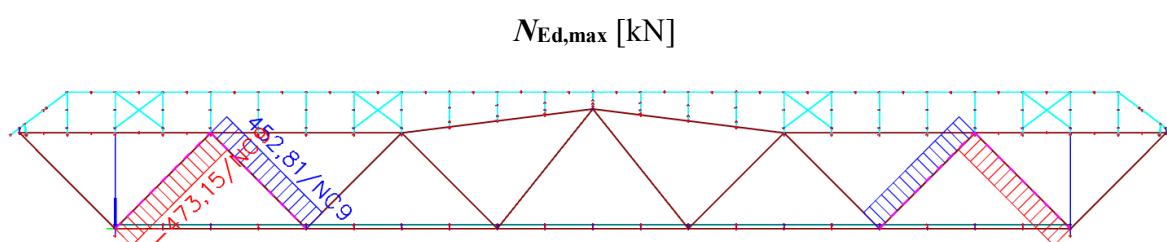
$$I_y = \frac{1}{12} b \times h^3 = 6,55 \times 10^8 \text{ [mm}^4\text{]}$$

$$i_y = \sqrt{\frac{I_y}{A}} = 92,4 \text{ [mm]}$$

$$I_z = \frac{1}{12} b^3 \times h = 3,69 \times 10^7 \text{ [mm}^4\text{]}$$

$$i_z = \sqrt{\frac{I_z}{A}} = 69,3 \text{ [mm]}$$

Vnútorne sily:



Rozhodujúca kombinácia pre **MSÚ** je **NC9** pre max. normálovú ťahovú silu, a **NC9** pre max. normálovú tlakovú silu.

$$\text{NC9 (1,35} \times \text{ZS1 + 1,35} \times \text{ZS2 + 1,35} \times \text{ZS3 + 1,35} \times \text{ZS6)}$$

Maximálna ťahová normálová sila:  $N_{Ed,max} = + 452,8 \text{ [kN]}$

Maximálna tlaková normálová sila:  $N_{Ed,max} = - 473,2 \text{ [kN]}$

Návrhové napätie v ťahu rovnobežne s vláknami:

$$\sigma_{t,0,d} = \frac{N_{Ed,max}^+}{A} = 2,95 \text{ [MPa]}$$

Návrhové napätie v tlaku rovnobežne s vláknami:

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N_{Ed,max}^-}{A} = 6,16 \text{ [MPa]}$$

**Posúdenie na MSÚ** - kombinácia ohybu a osového ťahu

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} \leq 1$$

$$\frac{2,95}{10,92} \leq 1$$

$$0,27 \leq 1 \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

- Posúdenie MSÚ:

Vzperné dĺžky:

$$L_{cr,y} = L_{cr,z} = L = 5\,100 \text{ [mm]}$$

Štíhlosť prvku:

$$\lambda_y = \frac{L_{cr,y}}{i_y} = 55,21 \text{ [-]}$$

$$\lambda_z = \frac{L_{cr,z}}{i_z} = 73,61 \text{ [-]}$$

Pomerné štíhlosti:

$$\lambda_{rel,y} = \frac{\lambda_y}{\pi} \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}} = 0,923 \text{ [-]}$$

$$\lambda_{rel,z} = \frac{\lambda_z}{\pi} \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}} = 1,23 \text{ [-]}$$

Súčiniteľ priamosti (LLD):  $\beta_c = 0,1 \text{ [-]}$

Súčinitele:

$$k_y = 0,5(1 + \beta_c(\lambda_{rel,y} - 0,3) + \lambda_{rel,y}^2) = 0,957 \text{ [-]}$$

$$k_z = 0,5(1 + \beta_c(\lambda_{rel,z} - 0,3) + \lambda_{rel,z}^2) = 1,304 \text{ [-]}$$

Súčinitele vzpernosti:  $k_{c,y}; k_{c,z}$

$$k_{c,y} = \frac{1}{k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel,y}^2}} = 0,83 \text{ [-]}$$

$$k_{c,z} = \frac{1}{k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{rel,z}^2}} = 0,58 \text{ [-]}$$

**Posúdenie MSÚ:**

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z} f_{c,0,d}} \leq 1$$

$$\frac{6,16}{0,58 \cdot 14,84} \leq 1$$

**0,72 ≤ 1 → Vyhovuje**



- **Diagonály 3:**

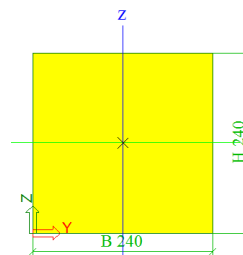
Návrh: **GL 28h : 240 × 240 [mm]**

Prierezové charakteristiky:

$$A = b \times h = 57,6 \times 10^3 \text{ [mm}^2\text{]}$$

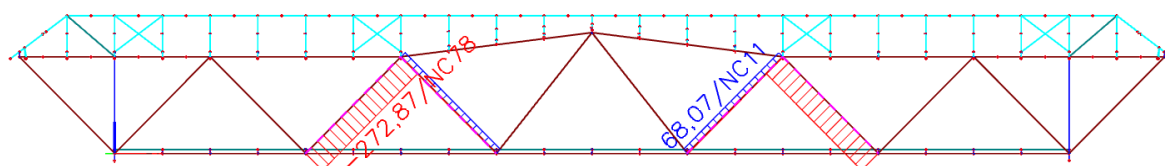
$$I_y = I_z = \frac{1}{12} b \times h^3 = 2,8 \times 10^8 \text{ [mm}^4\text{]}$$

$$i_y = i_z = \sqrt{\frac{I_y}{A}} = 69,3 \text{ [mm]}$$



Vnútorne sily:

$N_{Ed,max}$  [kN]



Rozhodujúca kombinácia pre **MSÚ** je **NC11** pre max. normálovú ťahovú silu, a **NC78** pre max. normálovú tlakovú silu.

$$NC11 (1,35 \times ZS1 + 1,35 \times ZS2 + 1,35 \times ZS3 + 0,45 \times ZS9)$$

$$NC78 (1,35 \times ZS1 + 1,35 \times ZS2 + 1,35 \times ZS3 + 1,35 \times ZS6 + 0,45 \times ZS12)$$

Maximálna ťahová normálová sila:  $N_{Ed,max} = + 68,1 \text{ [kN]}$

Maximálna tlaková normálová sila:  $N_{Ed,max} = - 272,9 \text{ [kN]}$

Návrhové napätie v ťahu rovnobežne s vláknami:

$$\sigma_{t,0,d} = \frac{N_{Ed,max}}{A} = 0,59 \text{ [MPa]}$$

**Posúdenie na MSÚ** - kombinácia ohybu a osového ťahu

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} \leq 1$$

$$\frac{0,59}{10,92} \leq 1$$

$$0,06 \leq 1 \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

Návrhové napätie v tlaku rovnobežne s vláknami:

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N_{Ed,max}}{A} = 4,74 \text{ [MPa]}$$

- Posúdenie MSÚ:

Vzperné dĺžky:

$$L_{cr,y} = L_{cr,z} = L = 5\,100 \text{ [mm]}$$

Štíhlosť prvku:

$$\lambda_y = \lambda_z = \frac{L_{cr,y}}{i_y} = 73,61 \text{ [-]}$$

Pomerné štíhlosti:

$$\lambda_{rel,y} = \lambda_{rel,z} = \frac{\lambda_y}{\pi} \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}} = 1,231 \text{ [-]}$$

Súčiniteľ priamosti (LLD):  $\beta_c = 0,1 \text{ [-]}$

Súčinitele:

$$k_y = k_z = 0,5(1 + \beta_c(\lambda_{rel,y} - 0,3) + \lambda_{rel,y}^2) = 1,304 \text{ [-]}$$

Súčinitele vzpernosti:  $k_{c,y}; k_{c,z}$

$$k_{c,y} = k_{c,z} = \frac{1}{k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel,y}^2}} = 0,58 \text{ [-]}$$

**Posúdenie MSÚ:**

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y} f_{c,0,d}} \leq 1$$

$$\frac{4,74}{0,58 \cdot 14,84} \leq 1$$

**0,71 ≤ 1 → Vyhovuje**

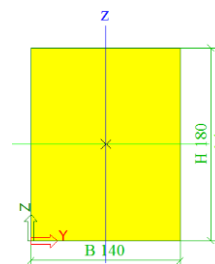
- **Diagonály 4:**

Návrh: **GL 28h : 140 × 180 [mm]**

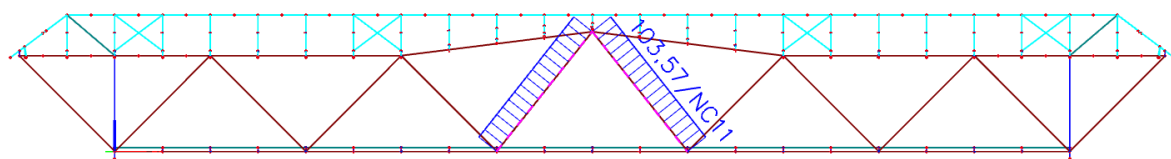
Prierezové charakteristiky:

$$A = b \times h = 50,4 \times 10^3 \text{ [mm}^2\text{]}$$

Vnútorne sily:



$N_{Ed,max}$  [kN]



Rozhodujúca kombinácia pre **MSÚ** je **NC11** pre max. normálovú ťahovú silu.

$$\text{NC11 } (1,35 \times \text{ZS1} + 1,35 \times \text{ZS2} + 0,45 \times \text{ZS6})$$

Maximálna ťahová normálová sila:

$$N_{Ed,max} = 103,6 \text{ [kN]}$$

Návrhové napätie v ťahu rovnobežne s vláknami:

$$\sigma_{t,0,d} = \frac{N_{Ed,max}}{A} = 2,06 \text{ [MPa]}$$

**Posúdenie na MSÚ** - kombinácia ohybu a osového ťahu

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} \leq 1$$

$$\frac{2,06}{10,92} \leq 1$$

**0,19 ≤ 1 → Vyhovuje**

#### 6.4.4 Rozpery

Pozdĺžnik mostovky je navrhnutý z rasteného dreva pevnostnej triedy C24 obdĺžnikového prierezu. Rozhodujúci návrh je pre únosnosť šmyku a kombinácia ohybu a vzperného tlaku.

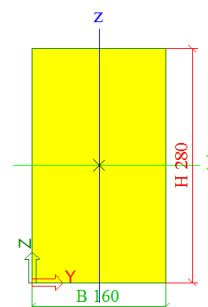
Návrh: **GL 28h: 160 × 280 [mm]**

Prierezové charakteristiky:

$$A = b \times h = 44,8 \times 10^3 \text{ [mm}^2\text{]}$$

$$W_y = \frac{1}{6} b \times h^2 = 2,09 \times 10^6 \text{ [mm}^3\text{]}$$

$$W_z = \frac{1}{6} b^2 \times h = 1,19 \times 10^6 \text{ [mm}^3\text{]}$$



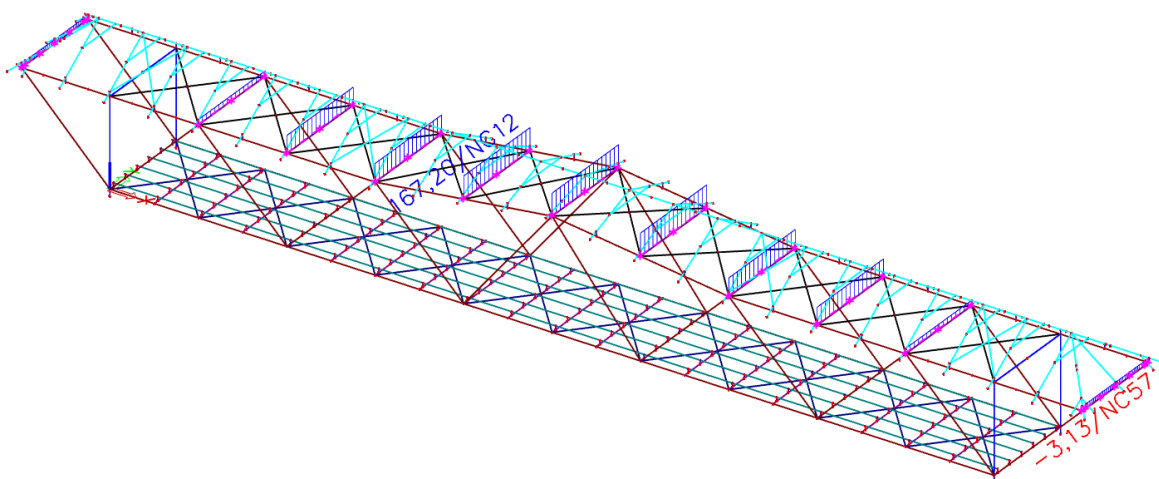
Účinná plocha prierezu  $A_{ef}$  podľa ČSN EN 1995-1-1/A1:  $k_{cr} = 0,67 [-]$

$$b_{ef} = k_{cr} \times b = 0,67 \times 160 = 107,2 \text{ [mm]}$$

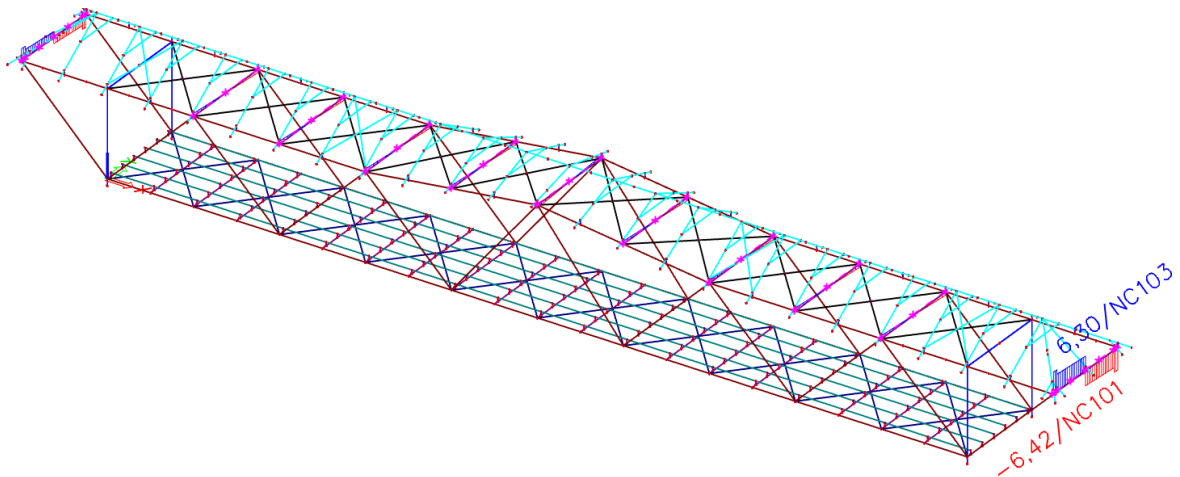
$$A_{ef} = b_{ef} \times h = 107,2 \times 280 = 30\,016 \text{ [mm}^2\text{]}$$

Vnútoré sily:

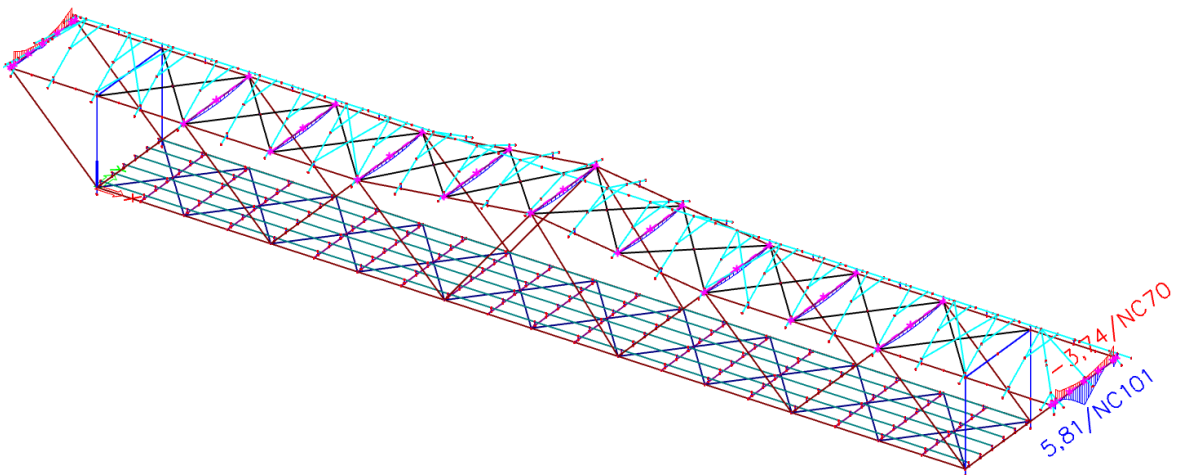
$N_{Ed} \text{ [kN]}$



$V_{Ed}$  [kN]



$M_{Ed,y}$  [kNm]



Rozhodujúca kombinácia zaťaženia:

NC12 ( $1,35 \times ZS1 + 1,35 \times ZS2 + 1,35 \times ZS6 + 0,45 \times ZS10$ )

NC101 ( $1,35 \times ZS1 + 1,35 \times ZS2 + 1,5 \times ZS3 + 0,45 \times ZS10$ )

Maximálna návrhová normálová sila:

$$N_{Ed} = +167,2 \text{ [kN]}$$

Maximálna návrhová posúvajúca sila:

$$V_{Ed} = 6,42 \text{ [kN]}$$

Maximálny návrhový ohybový moment k ose y:

$$M_{Ed,y} = 5,81 \text{ [kNm]}$$

Návrhové šmykové napätie:

$$\tau_{d,z} = \frac{3 V_{Ed}}{2 A_{ef}} = 1,30 \text{ [MPa]}$$

Posúdenie MSÚ - šmyk:

$$\tau_{d,z} \leq f_{v,d}$$

$$1,30 \text{ [MPa]} \leq 1,88 \text{ [MPa]} \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

Návrhové napätie v ťahu rovnobežne s vláknami:

$$\sigma_{t,0,d} = \frac{N_{Ed,max}}{A} = 1,64 \text{ [MPa]}$$

**Posúdenie na MSÚ** – ťah rovnobežne s vláknami

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} \leq 1$$

$$\frac{1,64}{10,92} \leq 1$$

**0,15 ≤ 1 → Vyhovuje**

Návrhové napätie v ohybu k ose y:

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_{Ed,y,prisl}}{W_y} = 14,64 \text{ [MPa]}$$

**Posúdenie MSÚ:** ohyb k ose y

$$\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,d}} \leq 1$$

$$\frac{7,32}{15,68} \leq 1$$

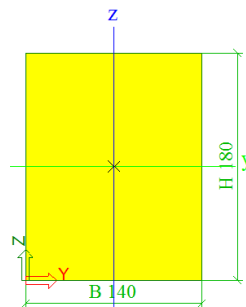
**0,51 ≤ 1 → Vyhovuje**

### 6.4.5 Horné stuženie

Návrh: **GL 28h : 140 × 180 [mm]**

Prierezové charakteristiky:

$$A = b \times h = 21,6 \times 10^3 \text{ [mm}^2\text{]}$$



$$I_y = \frac{1}{12} b \times h^3 = 6,55 \times 10^8 \text{ [mm}^4\text{]}$$

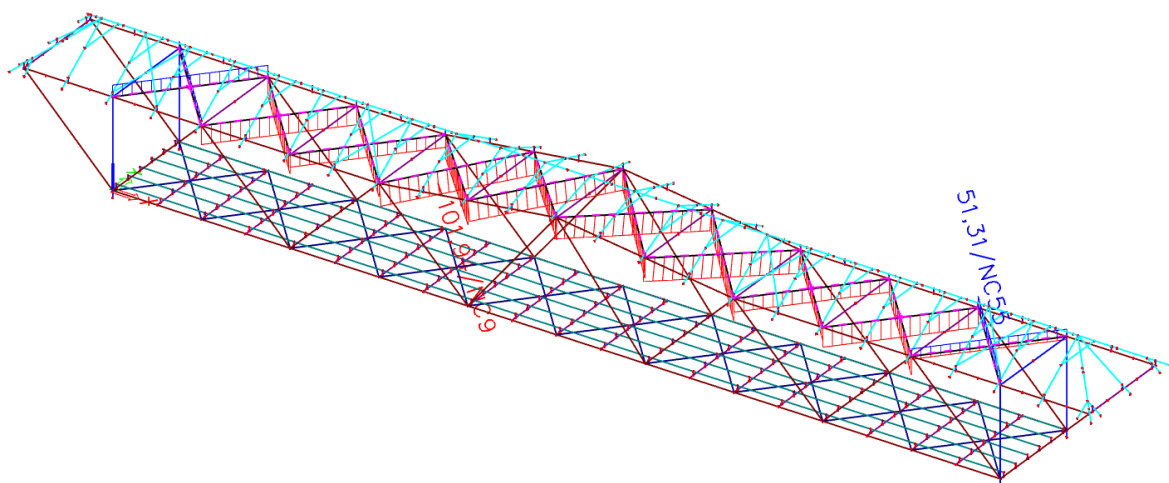
$$i_y = \sqrt{\frac{I_y}{A}} = 92,4 \text{ [mm]}$$

$$I_z = \frac{1}{12} b^3 \times h = 3,69 \times 10^7 \text{ [mm}^4\text{]}$$

$$i_z = \sqrt{\frac{I_z}{A}} = 69,3 \text{ [mm]}$$

Vnútorne sily:

$N_{Ed,max}$  [kN]



Rozhodujúca kombinácia pre **MSÚ** je **NC11** pre max. normálovú ťahovú silu, a **NC78** pre max. normálovú tlakovú silu.

$$\text{NC9} (1,35 \times \text{ZS1} + 1,35 \times \text{ZS2} + 1,35 \times \text{ZS3} + 0,45 \times \text{ZS8})$$

$$\text{NC55} (1,35 \times \text{ZS1} + 1,35 \times \text{ZS2} + 1,35 \times \text{ZS3} + 0,45 \times \text{ZS9})$$

Maximálna ťahová normálová sila:  $N_{Ed,max+} = + 51,31 \text{ [kN]}$

Maximálna tlaková normálová sila:  $N_{Ed,max-} = - 101,9 \text{ [kN]}$

Návrhové napätie v ťahu rovnobežne s vláknami:

$$\sigma_{t,0,d} = \frac{N_{Ed,max+}}{A} = 1,19 \text{ [MPa]}$$



### Posúdenie na MSÚ - kombinácia ohybu a osového ťahu

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} \leq 1$$

$$\frac{1,19}{10,92} \leq 1$$

$$0,11 \leq 1 \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

Návrhové napätie v tlaku rovnobežne s vláknami:

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N_{Ed,max-}}{A} = 4,74 \text{ [MPa]}$$

#### • Posúdenie MSÚ:

Vzperné dĺžky:  $L_{cr,y} = L_{cr,z} = L = 3\,000 \text{ [mm]}$

Štíhlosť prvku:  $\lambda_y = \frac{L_{cr,y}}{i_y} = 57,74 \text{ [-]}; \quad \lambda_z = \frac{L_{cr,z}}{i_z} = 86,60 \text{ [-]}$

Pomerné štíhlosti:

$$\lambda_{rel,y} = \frac{\lambda_y}{\pi} \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}} = 0,97 \text{ [-]}; \quad \lambda_{rel,z} = \frac{\lambda_z}{\pi} \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}} = 1,45 \text{ [-]}$$

Súčiniteľ priamosti (LLD):  $\beta_c = 0,1 \text{ [-]}$

Súčinitele:  $k_y = 0,5(1 + \beta_c(\lambda_{rel,y} - 0,3) + \lambda_{rel,y}^2) = 0,999 \text{ [-]}$

$$k_z = 0,5(1 + \beta_c(\lambda_{rel,z} - 0,3) + \lambda_{rel,z}^2) = 1,606 \text{ [-]}$$

Súčinitele vzpernosti:  $k_{c,y}, k_{c,z}$

$$k_{c,y} = \frac{1}{k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel,y}^2}} = 0,80 \text{ [-]}; \quad k_{c,z} = \frac{1}{k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{rel,z}^2}} = 0,43 \text{ [-]}$$

Súčiniteľ zohľadňujúci redistribúciu ohybových napätí v prierezu:  $k_m = 0,7 \text{ [-]}$

#### Posúdenie MSÚ:

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z} f_{c,0,d}} \leq 1$$

$$\frac{4,72}{0,43 \cdot 14,84} \leq 1$$

$$0,73 \leq 1 \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

### 6.4.6 Priečniky

Návrh: **GL 28h : 180 × 340 [mm]**

Prierezové charakteristiky:  $A = b \times h = 61,2 \times 10^3 \text{ [mm}^2\text{]}$

$$W_y = \frac{1}{6} b \times h^2 = 92,16 \times 10^5 \text{ [mm}^3\text{]}$$

$$W_z = \frac{1}{6} b^2 \times h = 46,08 \times 10^5 \text{ [mm}^3\text{]}$$

$$I_y = \frac{1}{12} b \times h^3 = 2,212 \times 10^9 \text{ [mm}^4\text{]}$$

$$I_z = \frac{1}{12} b^3 \times h = 5,530 \times 10^8 \text{ [mm}^4\text{]}$$

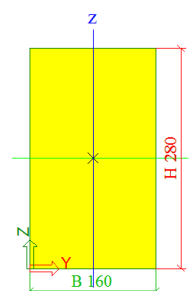
$$i_y = \sqrt{\frac{I_y}{A}} = 138,56 \text{ [mm]}$$

$$i_z = \sqrt{\frac{I_z}{A}} = 69,3 \text{ [mm]}$$

Účinná plocha prierezu  $A_{ef}$  podľa ČSN EN 1995-1-1/A1:  $k_{cr} = 0,67 \text{ [-]}$

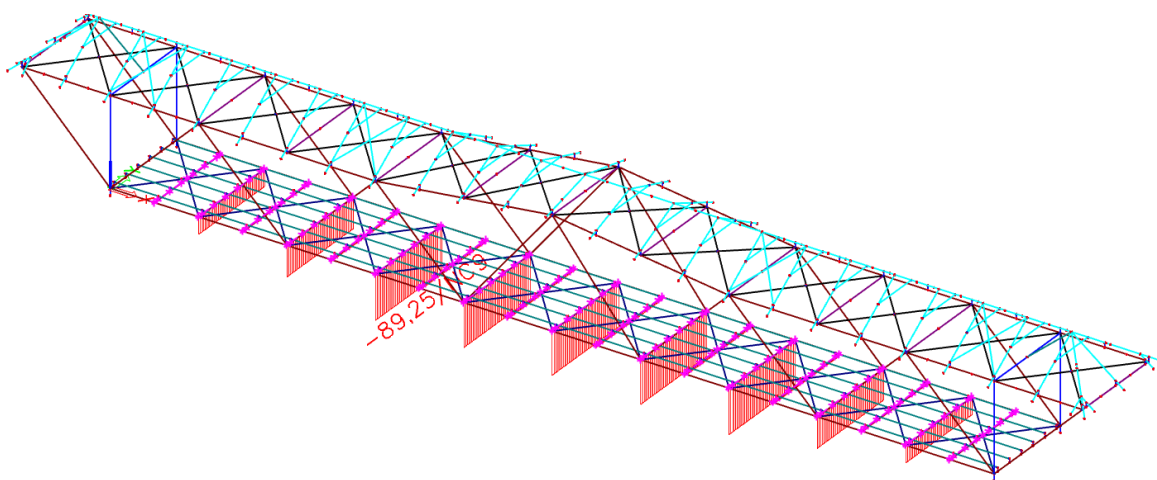
$$b_{ef} = k_{cr} \times b = 0,67 \times 180 = 120,6 \text{ [mm]}$$

$$A_{ef} = b_{ef} \times h = 120,6 \times 340 = 41\,004 \text{ [mm}^2\text{]}$$

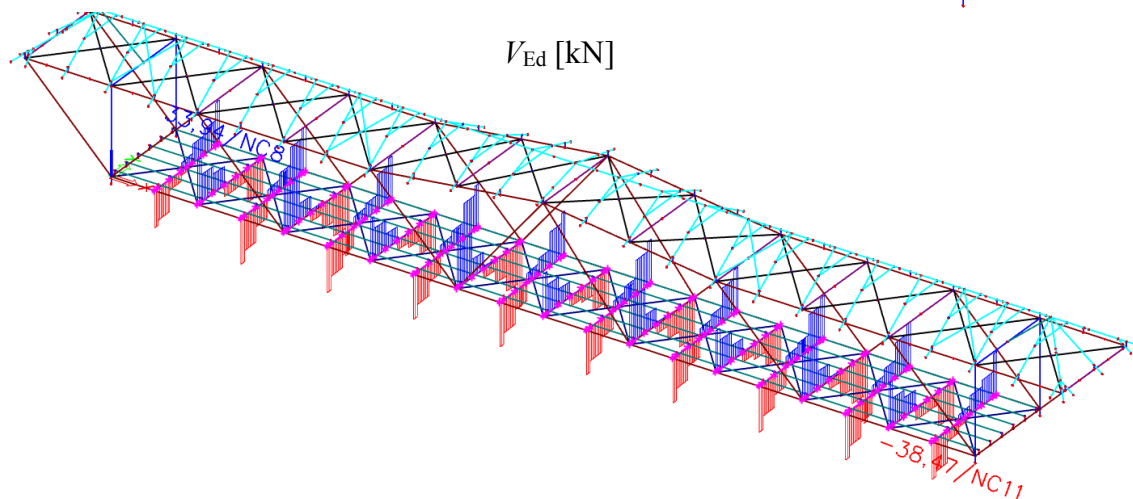


Vnútorne sily:

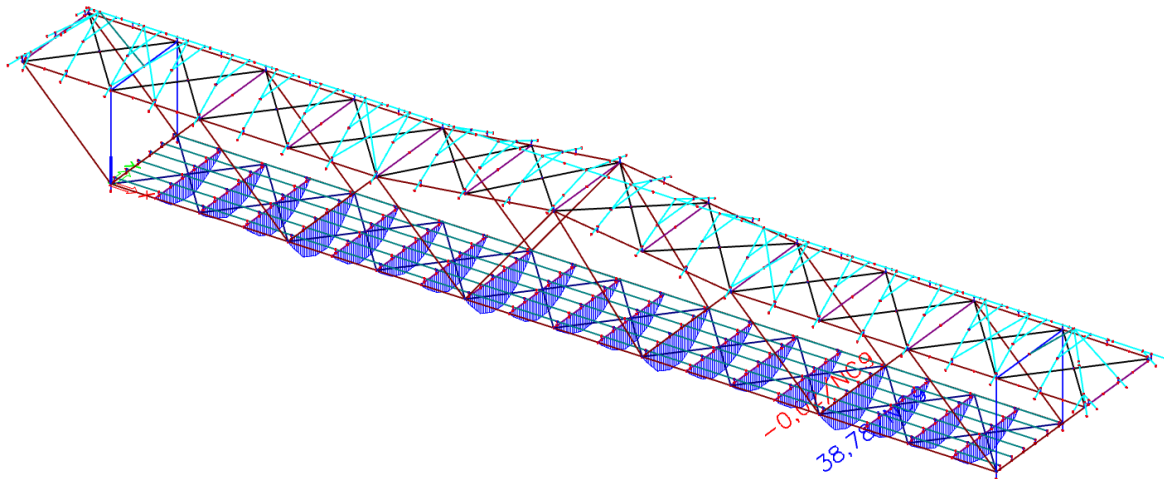
$N_{Ed} \text{ [kN]}$



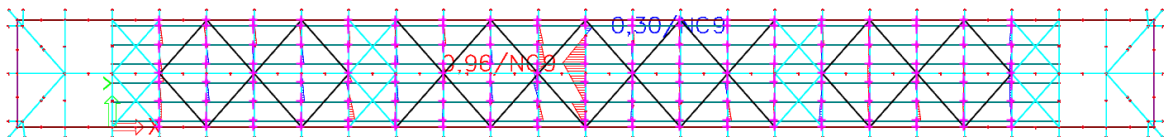
$V_{Ed} \text{ [kN]}$



$M_{Ed,y}$  [kNm]



$M_{Ed,z}$  [kNm]



Rozhodujúca kombinácia zaťaženia:

$$\text{NC9 } (1,35 \times \text{ZS1} + 1,35 \times \text{ZS2} + 1,35 \times \text{ZS3} + 0,45 \times \text{ZS7})$$

$$\text{NC11 } (1,35 \times \text{ZS1} + 1,35 \times \text{ZS2} + 1,35 \times \text{ZS3} + 0,45 \times \text{ZS7})$$

$$\text{Maximálna návrhová normálová sila: } N_{Ed} = 89,3 \text{ [kN]}$$

$$\text{Maximálna návrhová posúvajúca sila: } V_{Ed} = 38,5 \text{ [kN]}$$

$$\text{Maximálny návrhový ohybový moment k ose y: } M_{Ed,y} = 38,8 \text{ [kNm]}$$

$$\text{Príslušný návrhový ohybový moment k ose z: } M_{Ed,z} = 0,96 \text{ [kNm]}$$

Návrhové šmykové napätie:

$$\tau_{d,z} = \frac{3 V_{Ed}}{2 A_{ef}} = 1,41 \text{ [MPa]}$$

**Posúdenie MSÚ - šmyk:**

$$\tau_{d,z} \leq f_{v,d}$$

$$1,41 \text{ [MPa]} \leq 1,88 \text{ [MPa]} \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

Návrhové napätie v tlaku rovnobežne s vláknami:

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N_{Ed,max}}{A} = 2,25 \text{ [MPa]}$$

Návrhové napätie v ohybu k ose y:

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_{Ed,y,prisl}}{W_y} = 1,89 \text{ [MPa]}$$

Návrhové napätie v ohybu k ose z:

$$\sigma_{m,z,d} = \frac{M_{Ed,z,prisl}}{W_z} = 3,16 \text{ [MPa]}$$

- Posúdenie MSÚ:

Vzperné dĺžky:

$$L_{cr,y} = L_{cr,z} = 4\,250 \text{ [mm]}$$

Štíhlosť prvku:

$$\lambda_y = \frac{L_{cr,y}}{i_y} = 43,30 \text{ [-]}$$

$$\lambda_z = \frac{L_{cr,z}}{i_z} = 81,79 \text{ [-]}$$

Pomerné štíhlosti:

$$\lambda_{rel,y} = \frac{\lambda_y}{\pi} \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}} = 0,72 \text{ [-]}$$

$$\lambda_{rel,z} = \frac{\lambda_z}{\pi} \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}} = 1,37 \text{ [-]}$$

Súčiniteľ priamosti (LLD):  $\beta_c = 0,1 \text{ [-]}$

Súčinitele:

$$k_y = 0,5(1 + \beta_c(\lambda_{rel,y} - 0,3) + \lambda_{rel,y}^2) = 0,783 \text{ [-]}$$

$$k_z = 0,5(1 + \beta_c(\lambda_{rel,z} - 0,3) + \lambda_{rel,z}^2) = 1,489 \text{ [-]}$$

Súčinitele vzpernosti:  $k_{c,y}; k_{c,z}$

$$k_{c,y} = \frac{1}{k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel,y}^2}} = 0,92 [-]$$

$$k_{c,z} = \frac{1}{k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{rel,z}^2}} = 0,48 [-]$$

Súčiniteľ zohľadňujúci redistribúciu ohybových napätí v prierezu:  $k_m=0,7[-]$

**Posúdenie MSÚ:**

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y}f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,d}} \leq 1$$

$$\frac{1,46}{0,48 \cdot 14,84} + \frac{11,18}{15,68} + 0,7 \frac{0,52}{15,68} \leq 1$$

**0,84 ≤ 1 → Vyhovuje**

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z}f_{c,0,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,d}} \leq 1$$

$$\frac{1,46}{0,48 \cdot 14,84} + 0,7 \frac{11,18}{15,68} + \frac{0,52}{15,68} \leq 1$$

**0,74 ≤ 1 → Vyhovuje**

- **MSP**

Zaťažovacie stavy a jednotlivé prieťahy:  $L = 2000 [mm]$

ZS1- stále zaťaženie prieťah [mm]



0,8 / ZS1

ZS2 - ostatné stále zaťaženie



1,1 / ZS1

ZS6- zaťaženie chodci



Súčiniteľ dotvarovania (trieda prevádzky 3):  $k_{\text{def}} = 2,0 [-]$

Kombinačné súčinitele:  $\psi_{2,6} = 0,5 [-]$

Okamžitý prieťah:

Konečný prieťah:

$$w_{\text{inst,ZS1}} = 0,9 \text{ [mm]}$$

$$w_{\text{fin,ZS1}} = w_{\text{inst,ZS1}} \times (1 + k_{\text{def}}) = 2,7 \text{ [mm]}$$

$$w_{\text{inst,ZS2}} = 1,4 \text{ [mm]}$$

$$w_{\text{fin,ZS2}} = w_{\text{inst,ZS2}} \times (1 + k_{\text{def}}) = 4,2 \text{ [mm]}$$

$$w_{\text{inst,ZS6}} = 4,7 \text{ [mm]}$$

$$w_{\text{fin,ZS6}} = w_{\text{inst,ZS6}} \times (1 + \psi_{2,6} \times k_{\text{def}}) = 9,4 \text{ [mm]}$$

$$w_{\text{inst}} = w_{\text{inst,ZS1}} + w_{\text{inst,ZS2}} + w_{\text{inst,ZS6}} = 7,0 \text{ [mm]}$$

$$w_{\text{fin}} = w_{\text{fin,ZS1}} + w_{\text{fin,ZS2}} + w_{\text{fin,ZS6}} = 16,3 \text{ [mm]}$$

**Posúdenie MSP :**

$$L = 2000 \text{ [mm]}$$

Posúdenie okamžitého prieťahu:  $w_{\text{inst}} \leq \frac{l}{300}$

$$7,0 \text{ [mm]} \leq 15,0 \text{ [mm]} \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

Posúdenie konečného prieťahu:  $w_{\text{fin}} \leq \frac{l}{250}$

$$16,3 \text{ [mm]} \leq 18,0 \text{ [mm]} \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

Posúdenie okamžitého prieťahu spôsobený chodcami:

$$w_{\text{inst}} \leq \frac{l}{400}$$

$$4,7 \text{ [mm]} \leq 11,3 \text{ [mm]} \rightarrow \text{Vyhovuje}$$





### 6.4.8 Pozdĺžnik

Pozdĺžnik mostovky je navrhnutý z rasteného dreva pevnostnej triedy C24, dĺžky 8 m, pôsobiacie ako dvojpólový nosník.

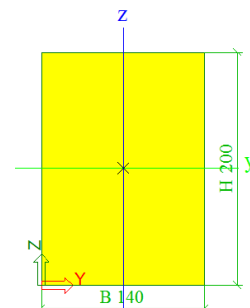
Návrh: **C24 : 140 × 200 [mm]**

Prierezové charakteristiky:

$$A = b \times h = 28,0 \times 10^3 \text{ [mm}^2\text{]}$$

$$W_y = \frac{1}{6} b \times h^2 = 5,12 \times 10^5 \text{ [mm}^3\text{]}$$

$$W_z = \frac{1}{6} b^2 \times h = 3,84 \times 10^5 \text{ [mm}^3\text{]}$$

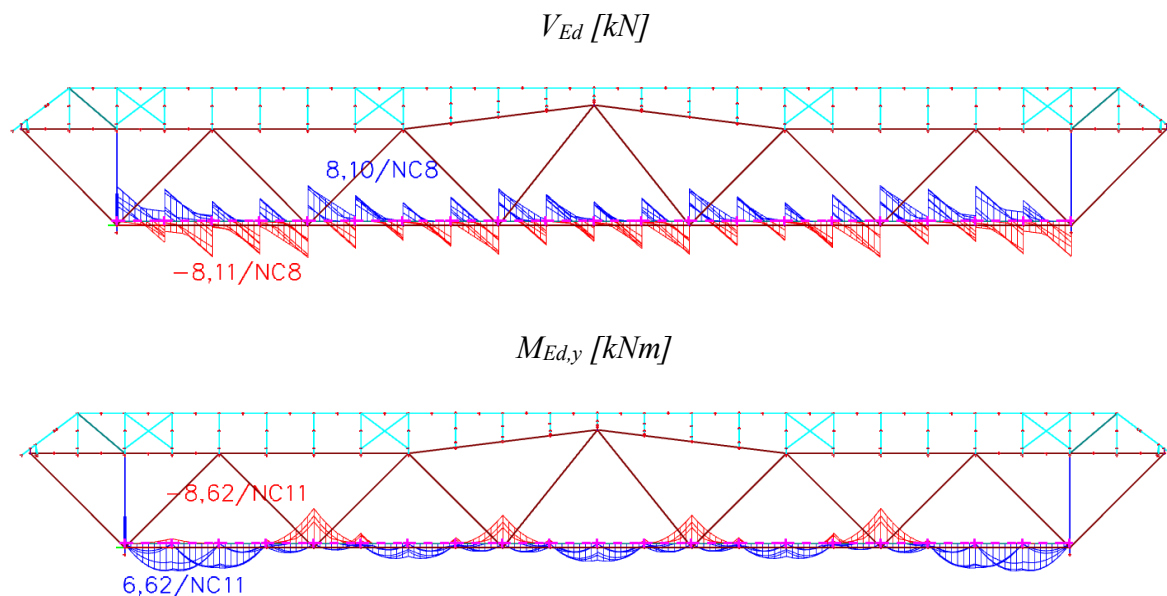


Účinná plocha prierezu  $A_{ef}$  podľa ČSN EN 1995-1-1/A1:  $k_{cr} = 0,67 \text{ [-]}$

$$b_{ef} = k_{cr} \times b = 0,67 \times 140 = 93,8 \text{ [mm]}$$

$$A_{ef} = b_{ef} \times h = 93,8 \times 200 = 18\,760 \text{ [mm}^2\text{]}$$

Vnútorne sily:



Rozhodujúca kombinácia zaťaženia NC8 pre max. posúvajúci silu a NC11 pre max. ohybový moment.

$$\text{NC8 } (1,35 \times \text{ZS1} + 1,35 \times \text{ZS2} + 1,35 \times \text{ZS3} + 0,45 \times \text{ZS7})$$

$$\text{NC11 } (1,35 \times \text{ZS1} + 1,35 \times \text{ZS2} + 1,35 \times \text{ZS3} + 0,45 \times \text{ZS10})$$

Maximálna posúvajúca sila :

$$V_{Ed} = 8,11 \text{ [kN]}$$

Maximálny návrhový ohybový moment k ose y:

$$M_{Ed,y} = 8,62 \text{ [kNm]}$$

Návrhové napätie v ohybu k ose y:

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_{Ed,y}}{W_y} = 9,21 \text{ [MPa]}$$

Návrhové šmykové napätie:

$$\tau_{d,z} = \frac{3 V_{Ed}}{2 A_{ef}} = 1,59 \text{ [MPa]}$$

**Posúdenie MSÚ - šmyk:**

$$\tau_{d,z} \leq f_{v,d}$$

$$1,59 \text{ [MPa]} \leq 2,15 \text{ [MPa]} \rightarrow \textbf{Vyhovuje}$$

**Posúdenie na MSÚ - ohybu k ose y**

$$\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,d}} \leq 1$$

$$\frac{9,21}{12,92} \leq 1$$

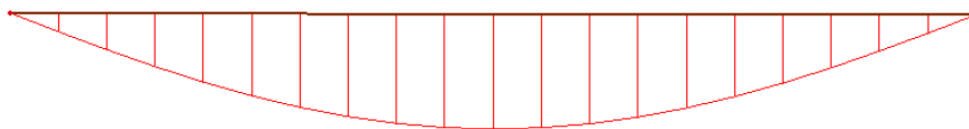
$$0,71 \leq 1 \rightarrow \textbf{Vyhovuje}$$

- Posudok MSP:

Zaťažovacie stavy a jednotlivé priehyby:

$$L = 2000 \text{ [mm]}$$

ZS1- stále zaťaženie priehyb [mm]



0,60 / ZS1

ZS2 - ostatné stále zaťaženie



0,90 / ZS2

### ZS6- zaťaženie chodci



2,1 / ZS6

Súčiniteľ dotvarovania (trieda prevádzky 3):  $k_{\text{def}} = 2,0 [-]$

Kombinačné súčinitele:  $\psi_{2,6} = 0,5 [-]$

Okamžitý prieťah:

Konečný prieťah:

$$w_{\text{inst,ZS1}} = 0,6 \text{ [mm]}$$

$$w_{\text{fin,ZS1}} = w_{\text{inst,ZS1}} \times (1 + k_{\text{def}}) = 1,8 \text{ [mm]}$$

$$w_{\text{inst,ZS2}} = 0,9 \text{ [mm]}$$

$$w_{\text{fin,ZS2}} = w_{\text{inst,ZS2}} \times (1 + k_{\text{def}}) = 2,7 \text{ [mm]}$$

$$w_{\text{inst,ZS6}} = 2,1 \text{ [mm]}$$

$$w_{\text{fin,ZS6}} = w_{\text{inst,ZS6}} \times (1 + \psi_{2,6} \times k_{\text{def}}) = 4,2 \text{ [mm]}$$

$$w_{\text{inst}} = w_{\text{inst,ZS1}} + w_{\text{inst,ZS2}} + w_{\text{inst,ZS6}} = 6,3 \text{ [mm]}$$

$$w_{\text{fin}} = w_{\text{fin,ZS1}} + w_{\text{fin,ZS2}} + w_{\text{fin,ZS6}} = 7,7 \text{ [mm]}$$

### Posúdenie MSP :

$$L = 2000 \text{ [mm]}$$

Posúdenie okamžitého prieťahu:  $w_{\text{inst}} \leq \frac{l}{300}$

$$6,3 \text{ [mm]} \leq 6,7 \text{ [mm]} \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

Posúdenie konečného prieťahu:  $w_{\text{fin}} \leq \frac{l}{250}$

$$7,7 \text{ [mm]} \leq 8,0 \text{ [mm]} \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

Posúdenie okamžitého prieťahu spôsobený chodcami:

$$w_{\text{inst}} \leq \frac{l}{400}$$

$$4,2 \text{ [mm]} \leq 5,0 \text{ [mm]} \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

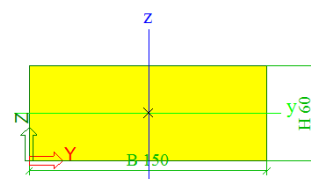
### 6.4.9 Mostiny

Mostiny sú navrhnuté obdĺžnikového prierezu z dubového dreva D40 hrúbky 60 mm. Statická schéma mostin je spojitý nosník o 5 poliach zobrazený na Obr. . Mostiny budú pripevnené do každého pozdĺžníku pomocou vrútov  $2 \times \varnothing 5 \text{ mm}$ , pričom medzi mostinou a pozdĺžníkom je vložená izolačná vrstva. Mostina bola vymodelovaná v programe Scia Engineer a následne na získane vnútorné sily, boli mostiny navrhnuté na osamelú silu o veľkosti  $1 \text{ kN}$ , pri triede prevádzky 3.

Návrh:

**D40 :  $150 \times 60 \text{ [mm]}$**

Prierezové charakteristiky:



$$A = b \times h = 9 \times 10^3 \text{ [mm}^2\text{]}$$

$$W_y = \frac{1}{6} b \times h^2 = 9,0 \times 10^4 \text{ [mm}^3\text{]}$$

Účinná plocha prierezu  $A_{\text{ef}}$  podľa ČSN EN 1995-1-1/A1:

$$k_{\text{cr}} = 0,67 \text{ [-]}$$

$$b_{\text{ef}} = k_{\text{cr}} \times b = 0,67 \times 150 = 101 \text{ [mm]}$$

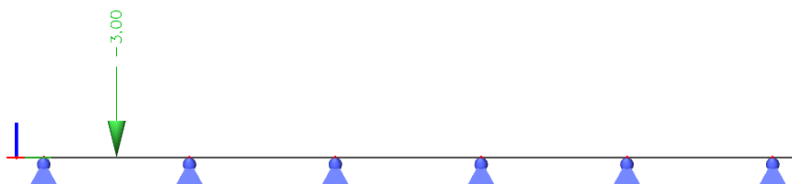
$$A_{\text{ef}} = b_{\text{ef}} \times h = 101 \times 60 = 6\,030 \text{ [mm}^2\text{]}$$

Zaťaženie:

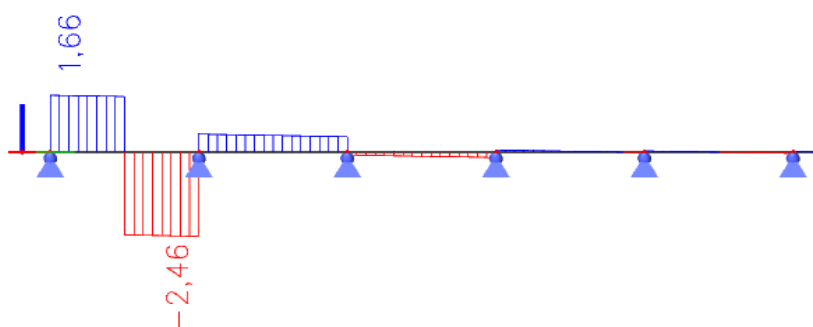
Zaťaženie bolo uvažované osamelé bremeno o veľkosti  $2,0 \text{ kN}$ .

$$Q_k = 2,0 \text{ [kN]}$$

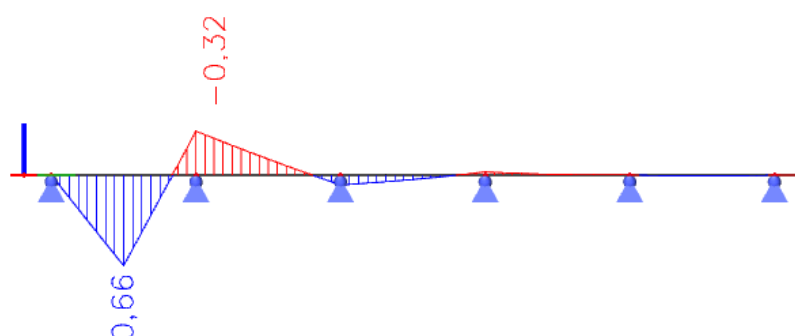
$$Q_{\text{Ed}} = \gamma_Q \cdot Q_k = 1,5 \cdot 2,0 = 3,0 \text{ [kN]}$$



$$V_{Ed,max} [kN]$$



$$M_{Ed,max} [kNm]$$



### Vnútorne sily:

Rozhodujúca kombinácia pre MSÚ je **NC9**, a to max. normálová sila a príslušné ohybové momenty.

Návrhová posúvajúca sila:  $V_{Ed,max} = 2,5 [kN]$

Návrhový ohybový moment k ose y:  $M_{Ed,y,max} = 0,7 [kN/m]$

Návrhové šmykové napätie:

$$\tau_d = \frac{3}{2} \frac{V_{Ed,z}}{A_{ef}} = 1,94 [MPa]$$

Návrhové napätie v ohybu k ose y:

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_{Ed,y,max}}{W_y} = 7,8 [MPa]$$

### Posúdenie na MSÚ:

Posúdenie napätia v šmyku:

$$\tau_d \leq f_{v,d}$$

$$0,8 [MPa] \leq 2,15 [MPa] \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

Posúdenie napätia v ohybu

$$\sigma_{m,y,d} \leq f_{m,d}$$

$$7,8 \text{ [MPa]} \leq 21,5 \text{ [MPa]} \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

Posúdenie na MSP:

Prieťah bol posudzovaný na osamelé bremeno o veľkosti 2 kN, pre limitnú hodnotu uvedenú v norme.

Posúdenie okamžitého prieťahu

$$w_{inst} \leq L/400$$

$$1,2 \text{ mm} < 2,6 \text{ mm} \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

#### 6.4.10 Zábradlie

Zábradlie je navrhnuté z ihličnatého dreva C24, ktoré pozostáva z vodorovných prvkov a zvislých stĺpikov upevnených do priečnikov mostovky lávky každých 4m. Zvislé zaťaženie bolo uvažované o veľkosti 100 kg/m a vodorovné 50 kg/m.

- Vodorovné prvky zábradlia

Návrh:

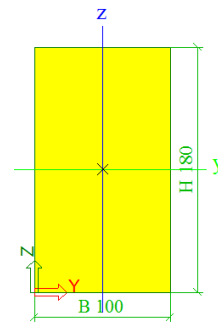
**C24 : 100 × 180 [mm]**

Prierezové charakteristiky:

$$A = b \times h = 18 \times 10^3 \text{ [mm}^2\text{]}$$

$$W_y = \frac{1}{6} b \times h^2 = 54 \times 10^4 \text{ [mm}^3\text{]}$$

$$W_z = \frac{1}{6} b^2 \times h = 30 \times 10^4 \text{ [mm}^3\text{]}$$



Účinná plocha prierezu  $A_{ef}$  podľa ČSN EN 1995-1-1/A1:

$$k_{cr} = 0,67 \text{ [-]}$$

$$b_{ef} = k_{cr} \times b = 0,67 \times 100 = 67 \text{ [mm]}$$

$$A_{ef} = b_{ef} \times h = 67 \times 260 = 12\,060 \text{ [mm}^2\text{]}$$

Návrhová posúvajúca sila:

$$V_{Ed} = 2,0 \text{ [kN]}$$

Návrhový ohybový moment k ose y:

$$M_{Ed,y} = 4,0 \text{ [kN/m]}$$

Návrhový ohybový moment k ose z:

$$M_{Ed,z} = 2,0 \text{ [kN/m]}$$

Návrhové šmykové napätie:

$$\tau_{d,z} = \frac{3}{2} \frac{V_{Ed}}{A_{ef}} = 0,3 \text{ [MPa]}$$

Návrhové napätie v ohybu k ose y:

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_{Ed,y}}{W_y} = 7,41 \text{ [MPa]}$$

Návrhové napätie v ohybu k ose z:

$$\sigma_{m,z,d} = \frac{M_{Ed,z}}{W_y} = 6,67 \text{ [MPa]}$$

**Posúdenie MSÚ - šmyk:**

$$\tau_{d,z} \leq f_{v,d}$$

$$0,3 \text{ [MPa]} \leq 2,15 \text{ [MPa]} \rightarrow \textbf{Vyhovuje}$$

**Posúdenie na MSÚ – dvojosi ohyb**

$$\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,d}} \leq 1$$

$$\frac{7,41}{12,92} + 0,7 \frac{6,67}{12,92} \leq 1$$

$$0,93 \leq 1 \rightarrow \textbf{Vyhovuje}$$

$$k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,d}} \leq 1$$

$$0,7 \frac{7,41}{12,92} + \frac{6,67}{12,92} \leq 1$$

$$0,91 \leq 1 \rightarrow \textbf{Vyhovuje}$$

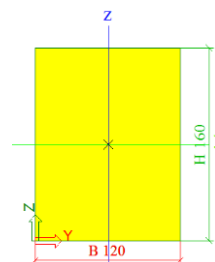


- Stĺpiky

Návrh:

**C24 : 120 × 160 [mm]**

Prierezové charakteristiky:



$$A = b \times h = 252 \times 10^3 \text{ [mm}^2\text{]}$$

$$W_y = \frac{1}{6} b \times h^2 = 37,80 \times 10^6 \text{ [mm}^3\text{]}$$

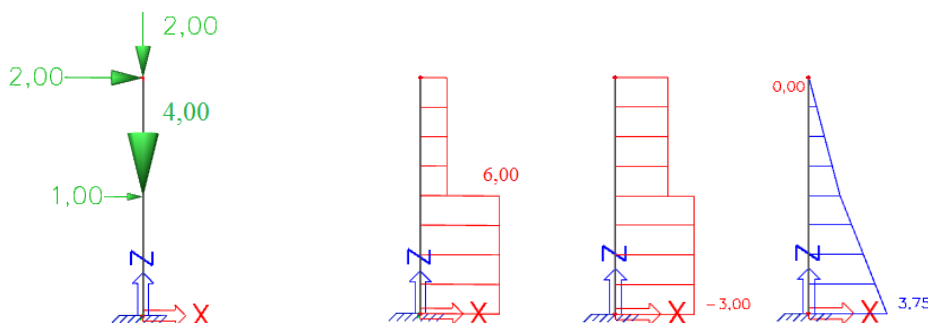
$$W_z = \frac{1}{6} b^2 \times h = 1,1093 \times 10^6 \text{ [mm}^3\text{]}$$

Účinná plocha prierezu  $A_{ef}$  podľa ČSN EN 1995-1-1/A1:

$$k_{cr} = 0,67 \text{ [-]}$$

$$b_{ef} = k_{cr} \times b = 0,67 \times 120 = 80,4 \text{ [mm]}$$

$$A_{ef} = b_{ef} \times h = 80,4 \times 260 = 20\,904 \text{ [mm}^2\text{]}$$



Návrhová normálová sila:

$$N_{Ed} = 6,0 \text{ [kN]}$$

Návrhová posúvajúca sila:

$$V_{Ed} = 3,0 \text{ [kN]}$$

Návrhový ohybový moment k ose y:

$$M_{Ed,y} = 3,75 \text{ [kN/m]}$$

Návrhové šmykové napätie:

$$\tau_{d,z} = \frac{3 V_{Ed}}{2 A_{ef}} = 1,23 \text{ [MPa]}$$

Návrhové napätie v tlaku rovnobežne s vláknami:

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N_{Ed}}{A} = 0,31 \text{ [MPa]}$$

Návrhové napätie v ohybu k ose y:

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_{Ed,y}}{W_y} = 7,32 \text{ [MPa]}$$

**Posúdenie MSÚ - šmyk:**

$$\tau_{d,z} \leq f_{v,d}$$

$$0,4 \text{ [MPa]} \leq 2,15 \text{ [MPa]} \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

**Posúdenie na MSÚ – osový tlak a ohyb k ose y**

$$\left( \frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,d}} \leq 1$$

$$\left( \frac{0,31}{11,31} \right)^2 + \frac{7,32}{12,92} \leq 1$$

$$0,57 \leq 1 \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

#### 6.4.11 Zastrešenie

##### • Kroky 1

Strešné krokvy zastrešenia lávky sú navrhnuté z rasteného dreva pevnostnej triedy C24 obdĺžnikového prierezu. Rozhodujúci návrh je pre únosnosť šmyku a ohybu.

Návrh:

**C24 : 120 × 220 [mm]**

Prierezové charakteristiky:

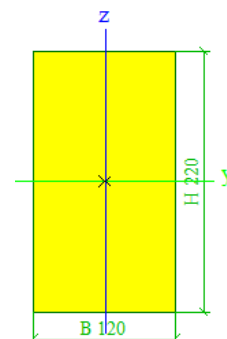
$$A = b \times h = 26,4 \times 10^3 \text{ [mm}^2\text{]}$$

$$W_y = \frac{1}{6} b \times h^2 = 9,68 \times 10^5 \text{ [mm}^3\text{]}$$

Účinná plocha prierezu  $A_{ef}$  podľa ČSN EN 1995-1-1/A1:  $k_{cr} = 0,67 [-]$

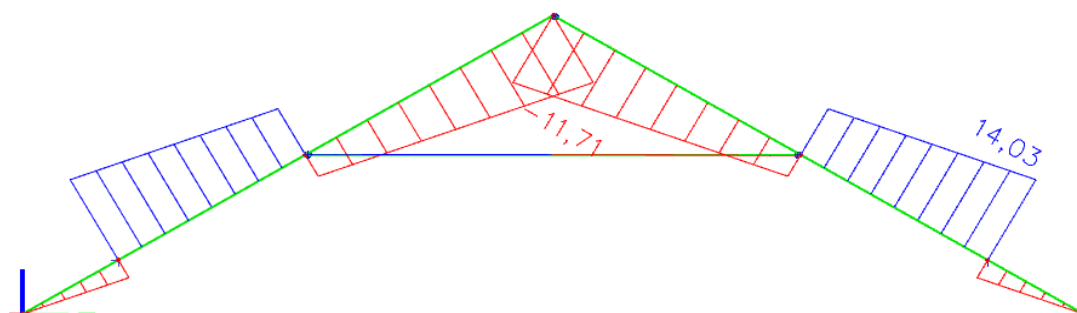
$$b_{ef} = k_{cr} \times b = 0,67 \times 120 = 80,4 \text{ [mm]}$$

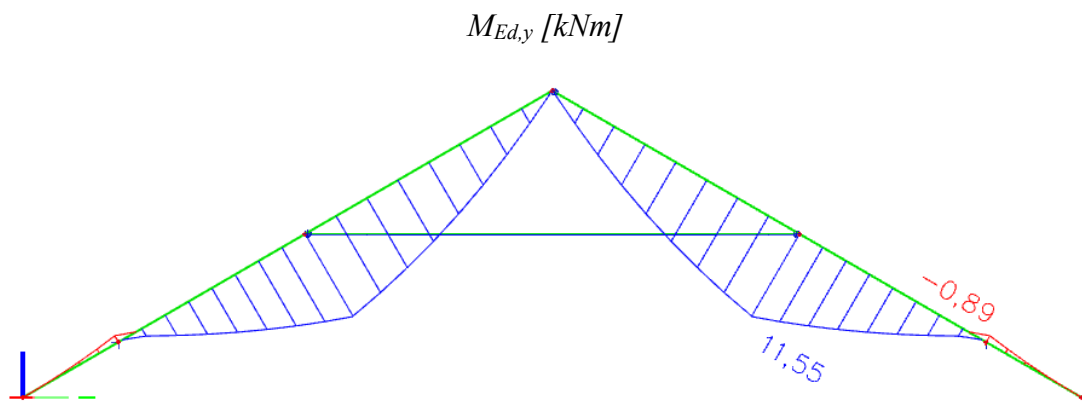
$$A_{ef} = b_{ef} \times h = 80,4 \times 220 = 17\,688 \text{ [mm}^2\text{]}$$



Vnútorne sily:

$V_{Ed} \text{ [kN]}$





$$LC9 (1,35 \times ZS1 + 1,35 \times ZS2 + 1,5 \times ZS3 + 0,45 \times ZS4)$$

Maximálna posúvajúca sila :  $V_{Ed,max} = 14,03 \text{ [kN]}$

Maximálny návrhový ohybový moment k ose y:  $M_{Ed,y,max} = 11,55 \text{ [kNm]}$

Návrhové šmykové napätie:

$$\tau_{d,z} = \frac{3}{2} \frac{V_{Ed}}{A_{ef}} = 1,2 \text{ [MPa]}$$

Návrhové napätie v ohybu k ose y:

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_{Ed,y,prisl}}{W_y} = 11,93 \text{ [MPa]}$$

**Posúdenie MSÚ - šmyk:**

$$\tau_{d,z} \leq f_{v,d}$$

$$1,2 \text{ [MPa]} \leq 2,15 \text{ [MPa]} \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

**Posúdenie na MSÚ - ohybu k ose y**

$$\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,d}} \leq 1$$

$$\frac{11,93}{12,92} \leq 1$$

$$0,92 \leq 1 \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

- **Klieštiny 1**

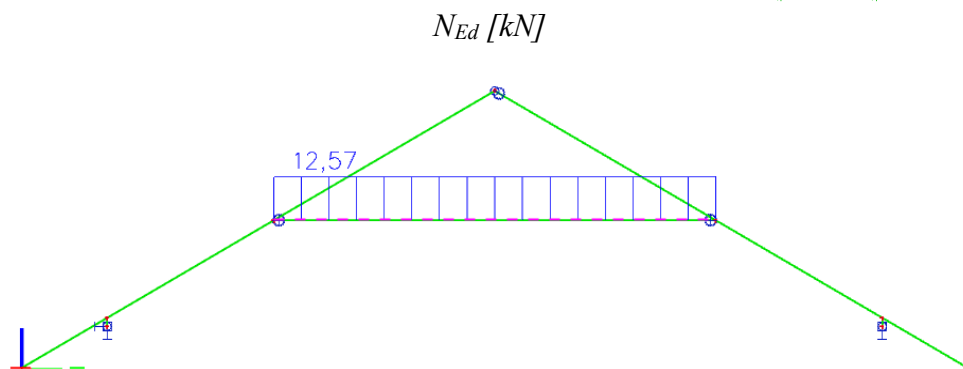
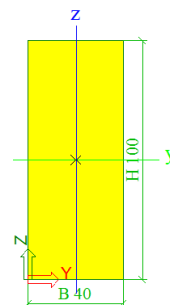
Klieštiny sú navrhnuté z rasteného dreva pevnostnej triedy C24 obdĺžnikového prierezu. Rozhodujúci návrh je pre únosnosť v tlaku rovnobežne s vláknami.

Návrh: **C24 : 40× 100 [mm]**

Prierezové charakteristiky:

$$A = b \times h = 4 \times 10^3 \text{ [mm}^2\text{]}$$

Vnútorne sily :



$$\text{CO9 } (1,35 \times \text{ZS1} + 1,35 \times \text{ZS2} + 1,5 \times \text{ZS3} + 0,45 \times \text{ZS4})$$

Maximálna normálová sila:

$$N_{Ed, \max} = 12,57 \text{ [kN]}$$

Návrhové napätie v ťahu rovnobežne s vláknami:

$$\sigma_{t,0,d} = \frac{N_{Ed, \max}}{A} = 3,14 \text{ [MPa]}$$

**Posúdenie na MSÚ** - kombinácia ohybu a osového ťahu

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} \leq 1$$

$$\frac{3,14}{7,54} \leq 1$$

$$0,42 \leq 1 \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

- **Kroky 2**

Strešné krokvy zastrešenia lávky sú navrhnuté z rasteného dreva pevnostnej triedy C24 obdĺžnikového prierezu. Rozhodujúci návrh je pre únosnosť šmyku a kombinácia ohybu a tlaku rovnobežne s vláknami.

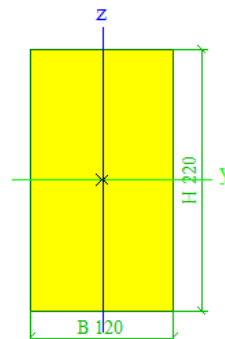
Návrh:

**C24 : 120 × 220 [mm]**

Prierezové charakteristiky:

$$A = b \times h = 26,4 \times 10^3 \text{ [mm}^2\text{]}$$

$$W_y = \frac{1}{6} b \times h^2 = 9,68 \times 10^5 \text{ [mm}^3\text{]}$$

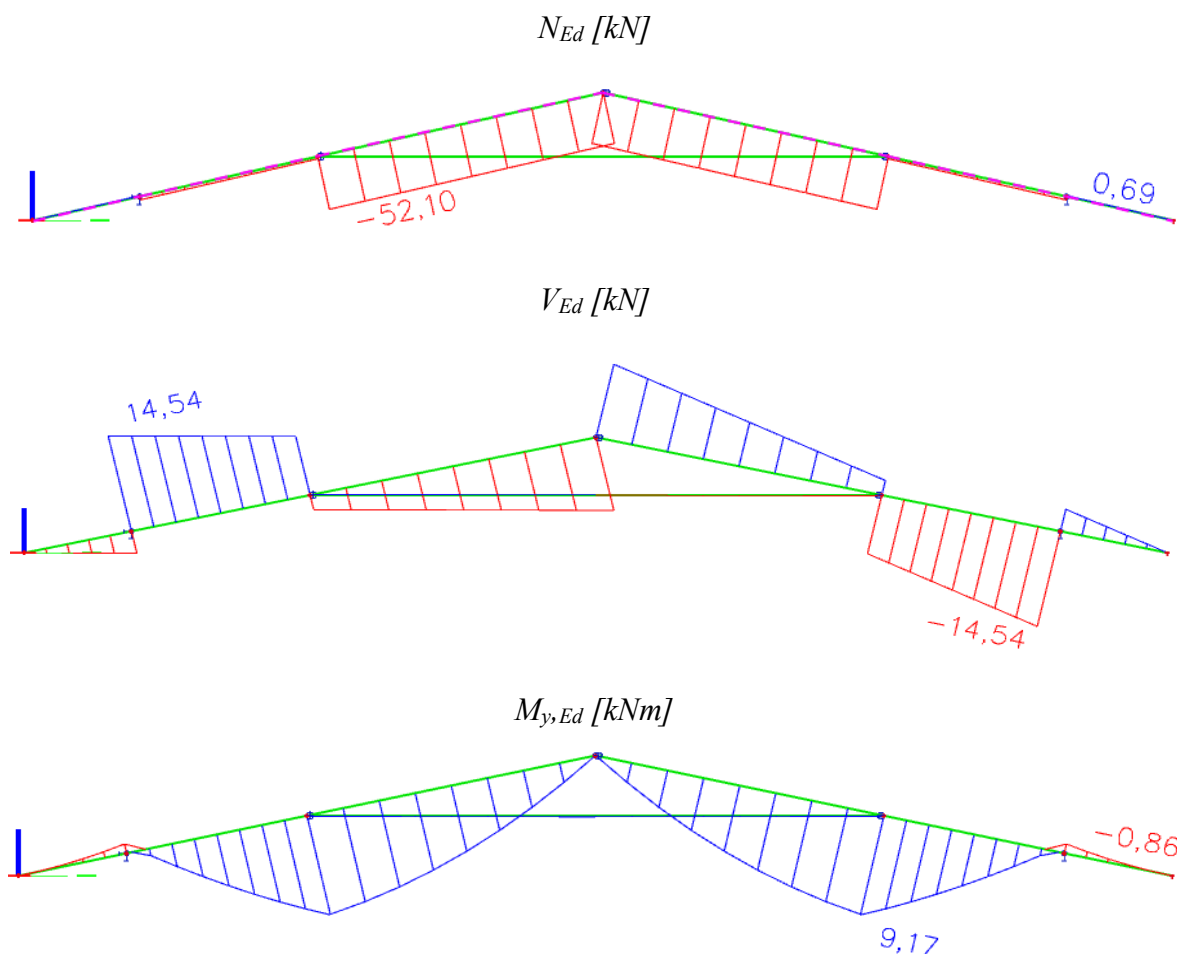


Účinná plocha prierezu  $A_{ef}$  podľa ČSN EN 1995-1-1/A1:  $k_{cr} = 0,67$  [-]

$$b_{ef} = k_{cr} \times b = 0,67 \times 120 = 80,4 \text{ [mm]}$$

$$A_{ef} = b_{ef} \times h = 80,4 \times 220 = 17\,688 \text{ [mm}^2\text{]}$$

Vnútorne sily:



$$LC9 (1,35 \times ZS1 + 1,35 \times ZS2 + 1,5 \times ZS3 + 0,45 \times ZS4)$$

Maximálna Normálová sila:  $N_{Ed} = 52,1 \text{ [kN]}$

Maximálna posúvajúca sila :  $V_{Ed} = 14,5 \text{ [kN]}$

Maximálny návrhový ohybový moment k ose y:  $M_{Ed,y} = 9,17 \text{ [kNm]}$

Návrhové šmykové napätie:

$$\tau_{d,z} = \frac{3 V_{Ed}}{2 A_{ef}} = 1,23 \text{ [MPa]}$$

Návrhové napätie v tlaku rovnobežne s vláknami:

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N_{Ed}}{A} = 1,97 \text{ [MPa]}$$

Návrhové napätie v ohybu k ose y:

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_{Ed,y}}{W_y} = 9,47 \text{ [MPa]}$$

**Posúdenie MSÚ - šmyk:**

$$\tau_{d,z} \leq f_{v,d}$$

$$1,23 \text{ [MPa]} \leq 2,15 \text{ [MPa]} \rightarrow \textbf{Vyhovuje}$$

**Posúdenie na MSÚ – osový tlak a ohyb k ose y**

$$\left( \frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,d}} \leq 1$$

$$\left( \frac{1,97}{11,31} \right)^2 + \frac{9,47}{12,92} \leq 1$$

$$0,76 \leq 1 \rightarrow \textbf{Vyhovuje}$$

- **Klieštiny 2**

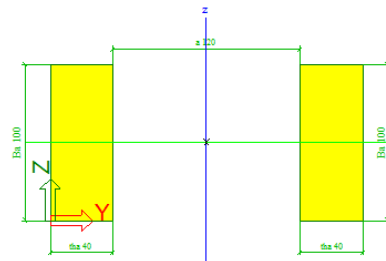
Klieštiny sú navrhnuté ako dvojica profilov z rasteného dreva pevnostnej triedy C24 obdĺžnikového prierezu. Rozhodujúci návrh je pre únosnosť v tlaku rovnobežne s vláknami.

Návrh:  $2 \times \text{C24} : 40 \times 100 \text{ [mm]}$

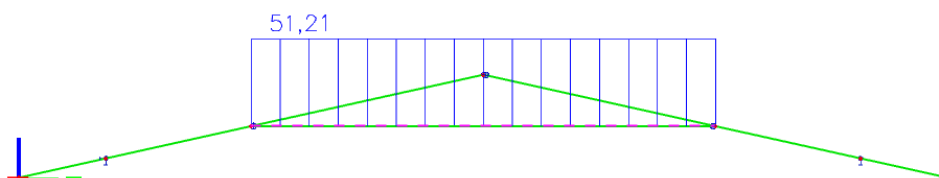
Prierezové charakteristiky:

$$A = 2 \times b \times h = 8 \times 10^3 \text{ [mm}^2\text{]}$$

Vnútorne sily:



$N_{Ed} \text{ [kN]}$



$$\text{CO9 } (1,35 \times \text{ZS1} + 1,35 \times \text{ZS2} + 1,5 \times \text{ZS3} + 0,45 \times \text{ZS4})$$

Maximálna normálová sila:

$$N_{Ed, \max} = 51,21 \text{ [kN]}$$

Návrhové napätie v ťahu rovnobežne s vláknami:

$$\sigma_{t,0,d} = \frac{N_{Ed, \max}}{A} = 6,40 \text{ [MPa]}$$

**Posúdenie na MSÚ** - kombinácia ohybu a osového ťahu

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} \leq 1$$

$$\frac{6,40}{7,54} \leq 1$$

$$0,85 \leq 1 \rightarrow \text{Vyhovuje}$$



### 6.4.12 Portál

Portál pozostáva z oceľového rámu, zložený z oceľových valcovaných profilov HEB200, pevnostnej triedy S235.

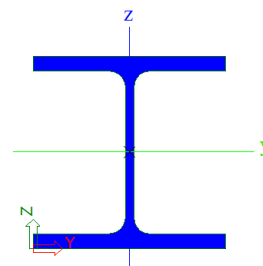
Návrh: S235 / HEB 200 → trieda prierezu 1

Prierezové charakteristiky:

$$A = 7\,808 \text{ [mm}^2\text{]}$$

$$A_w = 1\,530 \text{ [mm}^2\text{]}$$

$$W_{y,pl} = 3,819 \times 10^6 \text{ [mm}^3\text{]}$$

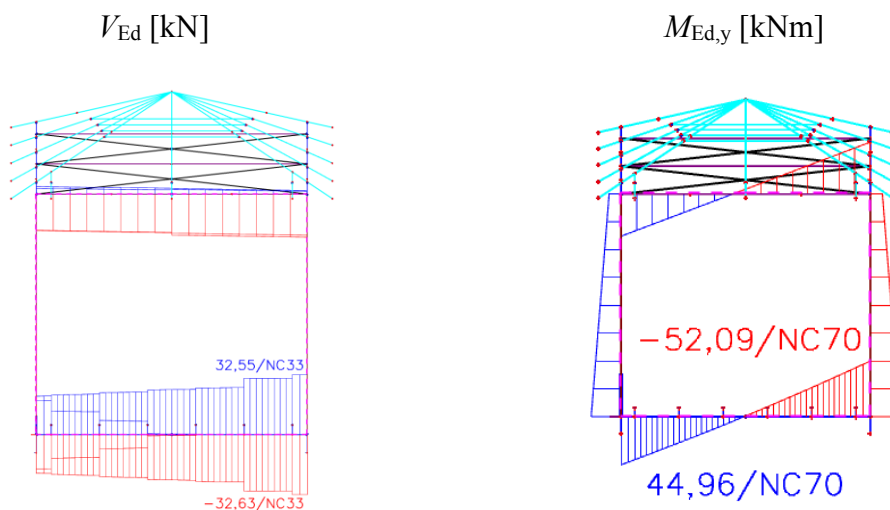


Súčiniteľ materiálu:  $\gamma_{M1} = 1,0$  [-]

Návrhová pevnosť materiálu:

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_{M1}} = \frac{355}{1,0} = 355 \text{ [MPa]}$$

Vnútorne sily:



Rozhodujúca nelineárna kombinácia zaťaženia NC9 pre max. ohybový moment.

NC33 (1,35×ZS1 + 1,35×ZS2 + 1,35×ZS3 + 1,35×ZS6 0,45×ZS9)

NC70 (1,35×ZS1 + 1,35×ZS2 + 1,35×ZS3 + 1,35×ZS8 0,45×ZS12)

$$\text{NC9 } (1,35 \times \text{ZS1} + 1,35 \times \text{ZS2} + 1,35 \times \text{ZS3} + 0,45 \times \text{ZS7})$$

Príslušná normálová sila :  $V_{\text{Ed}} = 32,6 \text{ [kN]}$

Príslušný návrhový ohybový moment k ose y:  $M_{\text{Ed},y} = 52,9 \text{ [kNm]}$

Návrhové šmyková odolnosť:

$$V_{\text{pl,Rd},z} = \frac{A_w \times f_{yd}}{\gamma_0 \times \sqrt{3}} = 207,6 \text{ [kN]}$$

**Posúdenie MSÚ – malý šmyk:**

$$V_{\text{Ed}} \leq V_{\text{pl,Rd},z}$$

$$32,6 \text{ [kN]} \leq 207,6 \text{ [kN]} \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

Návrhová ohybová odolnosť k ose y:

$$M_{\text{Rd},y,pl} = \frac{W_{y,pl} \times f_y}{\gamma_{M0}} = 151,0 \text{ [kNm]}$$

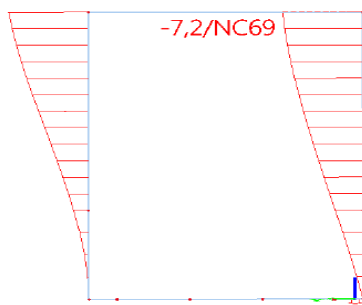
Posúdenie na kombináciu dvojsového ohybu a vzperného tlaku:

$$\frac{M_{\text{Ed},y}}{M_{\text{Rd},y}} < 1$$

$$\frac{52,1}{151,0} < 1$$

$$0,35 < 1 \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

- Posúdenie MSP:



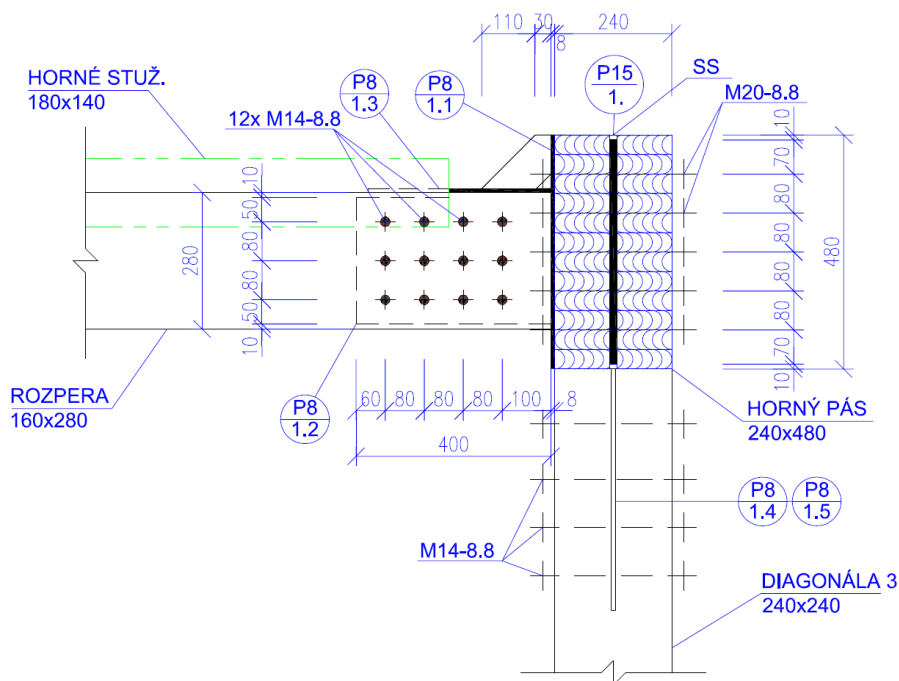
$$L = 14\,600 \text{ [mm]}$$

Posúdenie priehybu:

$$\delta \leq \frac{l}{500}$$

$$39,5 \text{ [mm]} \leq 48,7 \text{ [mm]} \rightarrow \text{Vyhovuje}$$





Obr. 39: Detail 1 - Rez B-B'

### 1) Horný pás

Návrh: svorník: **35× M20-8.8 + 35× matica s podložkou**

Vlastnosti: **M20 - 8.8** - priemer:  $d = 20$  [mm]

(trieda prevádzky 3) - účinný priemer :  $d_{ef} = 20$  [mm]

- charakteristická pevnosť v ťahu  $f_{u,k} = 800$  [MPa]

Oceľový plech: **P15 - 1.** S355  $t = 15$  [mm]

Minimálne rozteče svorníku v dreve pre uhol medzi silou a smerom vlákien  $\alpha = 0^\circ$ :

$$a_{1,skut} = 120 \text{ [mm]} \geq a_{1,min} = (4 + |\cos \alpha|)d = 5d = 100 \text{ [mm]}$$

→ **Vyhovuje**

$$a_{2,skut} = 80 \text{ [mm]} \geq a_{2,min} = 4d = 80 \text{ [mm]}$$

→ **Vyhovuje**

$$a_{3,t,skut} = 150 \text{ [mm]} \geq a_{4,c,min} = 7d = 140 \text{ [mm]}$$

→ **Vyhovuje**

$$a_{4,c,skut} = 80 \text{ [mm]} \geq a_{4,c,min} = 3d = 60 \text{ [mm]}$$

→ **Vyhovuje**

### Vnútorne sily:

Spoj je dimenzovaný na maximálnu normálovú silu:  $N_{Ed} = 783,9$  [kN]

**Spoj:** vlisovaná oceľová doska: **dvojstrižný spoj a oceľ-drevo (hrubá doska)**

→ oceľová doska ľubovoľnej hrúbky ako stredný prvok dvojstrižného spoja

Charakteristická pevnosť v otláčení dreva:

$$f_{h,0,k} = 0,082 (1 - 0,01 \cdot d_{ef} \cdot 10^{-3}) \rho_k = 26,9 \text{ [MPa]}$$

Plastický moment únosnosti:

$$M_{y,Rk} = 0,3 \cdot f_{u,k} \cdot d_{ef}^{2,6} = 579\,281 \text{ [Nmm]}$$

Charakteristická únosnosť jedného spojovacieho prostriedku pre jeden strih,  $F_{v,Rk}$ :

(Únosnosť na osové vytrhnutie  $F_{ax,Rk} = 0 \text{ [kN]}$ , hrúbka krajného dreveného prvku  $t_l = 116 \text{ [mm]}$ ).

$$F_{v,Rk,2} = \min \left\{ \begin{array}{l} [0,4 \cdot f_{h,k} \cdot t_1 \cdot d_{ef}] = 30,93 \text{ [kN]} \\ 1,15 \sqrt{2 M_{y,Rk} \cdot f_{h,k} \cdot d_{ef}} + \frac{F_{ax,Rk}}{4} = 57,42 \text{ [kN]} \end{array} \right.$$

$$F_{v,Rk,2} = 30,93 \text{ [kN]}$$

Účinný počet svorníkov:

$$n_{ef} = \min \left\{ \begin{array}{l} n \\ n^{0,9^4 \sqrt{\frac{a_1}{13d}}} \end{array} \right.$$
$$n_{ef} = 23,8 \text{ [-]}$$

Návrhová únosnosť = 35 svorníkov – 2 strih

$$F_{v,Rd} = n_{ef} \frac{k_{mod} \cdot F_{v,Rk}}{\gamma_M} = 23,8 \cdot 2 \cdot \frac{0,7 \cdot 30,93}{1,25} = 822,7 \text{ [kN]}$$

**Posúdenie MSÚ:**

$$N_{Ed} \leq F_{v,Rd}$$

$$783,9 \text{ [kN]} < 822,7 \text{ [kN]} \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

• **Odtlačenie oceľového plechu**

- medza únosnosti:  $f_u = 510 \text{ [MPa]}$

- hrúbka plechu:  $t = 15 \text{ [mm]}$

- priemer spoj. prostriedku:  $d = 20 \text{ [mm]}$

$$e_1 = 40 \text{ [mm]} \qquad e_2 = 70 \text{ [mm]}$$

$$p_1 = 120 \text{ [mm]} \qquad p_2 = 80 \text{ [mm]}$$

Výpočet odtlačujúcej sily:  $F_{v,Ed} = F/n = 783,9/35 = 22,40 \text{ [kN]}$

$$k_1 = \min \left\{ 2,8 \frac{e_2}{d_0} - 1,7 = 2,5 [-] \right.$$

$$\alpha_b = \min \left\{ \begin{array}{l} 1,0 \\ \frac{f_{ub}}{f_u} \\ 2,5 \frac{e_1}{3d_0} \\ \frac{p_1}{3d_0} \end{array} \right. = 0,63$$

Únosnosť otláčení ocelového plechu :

$$F_{b,Rd} = \frac{k_1 \times \alpha_b \times f_u \times d \times t}{\gamma_{M2}} = 194,3 \text{ [kN]}$$

**Posúdenie:**

$$F_{b,Rd} \geq F_{v,Ed}$$

$$194,3 \text{ [kN]} \geq 22,4 \text{ [kN]} \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

- **Porušenie blokovým šmykom**

- oslabená plocha prenášajúca ťahovú silu:

$$A_{nt} = 2092,5 \text{ [mm}^2\text{]}$$

- oslabená plocha prenášajúca šmykovú silu:

$$A_{nv} = 1777,5 \text{ [mm}^2\text{]}$$

Porušenie blokovým šmykom sa vypočíta ako:

$$V_{eff,Rd} = \frac{0,5 \cdot f_{u,b} \cdot A_{nt}}{\gamma_{M2}} + \frac{1}{\sqrt{3}} \cdot \frac{f_{y,b} \cdot A_{nv}}{\gamma_{M0}}$$

$$V_{eff,Rd} = 807,9 \text{ [kN]}$$

kde:  $A_{nt}$  je oslabená plocha prenášajúca ťahovú silu  
 $A_{nv}$  je oslabená plocha prenášajúca šmykovú silu  
 $f_{u,b}$  medza pevnosti ocelej dosky  
 $f_{y,b}$  medza klzu ocelej dosky

Podmienka posúdenia na blokový šmyk:

$$V_{eff,Rd} \geq V_{Ed}$$

$$807,9 \text{ [kN]} \geq 783,9 \text{ [kN]}$$

$\rightarrow$  Vyhovuje

## 2) Diagonála 3 - P8 -1.4

**Návrh:** svorník: **15× M14-8.8 + 15× matica s podložkou**

Vlastnosti: **M14 - 8.8** - priemer:  $d = 14$  [mm]  
(trieda prevádzky 3) - účinný priemer :  $d_{ef} = 14$  [mm]  
- charakteristická pevnosť v ťahu  $f_{u,k} = 800$  [MPa]  
 $\rho_k = 410$  [kg/m<sup>3</sup>]

Oceľový plech: **P8-1.4** S355  $t = 8$  [mm]

Minimálne rozteče svorníku v dreve pre uhol medzi silou a smerom vlákien  $\alpha = 0^\circ$ :

$$a_{1,skut} = 80 \text{ [mm]} \geq a_{1,min} = (4 + |\cos \alpha|)d = 5d = 70 \text{ [mm]}$$

→ **Vyhovuje**

$$a_{2,skut} = 60 \text{ [mm]} \geq a_{2,min} = 4d = 56 \text{ [mm]}$$

→ **Vyhovuje**

$$a_{3,t,skut} = 100 \text{ [mm]} \geq a_{4,c,min} = 7d = 98 \text{ [mm]}$$

→ **Vyhovuje**

$$a_{4,c,skut} = 60 \text{ [mm]} \geq a_{4,c,min} = 3d = 42 \text{ [mm]}$$

→ **Vyhovuje**

Vnútročné sily:

Spoj je dimenzovaný na maximálnu normálovú silu:  $N_{Ed} = 272,9$  [kN]

**Spoj:** vložená oceľová doska: **dvojstrižný spoj a oceľ-drevo**

(oceľová doska ľubovoľnej hrúbky ako stredný prvok dvojstrižného spoja)

Charakteristická pevnosť v otláčení dreva:

$$f_{h,0,k} = 0,082 (1 - 0,01 \cdot d_{ef} \cdot 10^{-3}) \rho_k = 28,91 \text{ [MPa]}$$

Plastický moment únosnosti:

$$M_{y,Rk} = 0,3 \cdot f_{u,k} \cdot d_{ef}^{2,6} = 229\,163 \text{ [Nmm]}$$

Charakteristická únosnosť jedného spojovacieho prostriedku pre jeden strih,  $F_{v,Rk}$ :

(Únosnosť na osové vytrhnutie  $F_{ax,Rk} = 0$  [kN], hrúbka krajného dreveného prvku  $t_I = 116$  [mm]).



$$F_{v,Rk} = \min \left\{ \begin{array}{l} f_{h,k} \cdot t_1 \cdot d_{ef} = 44,87 \text{ [kN]} \\ \left[ f_{h,k} \cdot t_1 \cdot d_{ef} \left[ 2 + \frac{4M_{y,Rk}}{f_{h,k} \cdot t_1^2 \cdot d_{ef}} - 1 \right] \right] + \frac{F_{ax,Rk}}{4} = 21,34 \text{ [kN]} \\ 2,3 \sqrt{M_{y,Rk} \cdot f_{h,k} \cdot d_{ef}} + \frac{F_{ax,Rk}}{4} = 21,75 \text{ [kN]} \end{array} \right\}$$

$$F_{v,Rk} = 21,34 \text{ [kN]}$$

Účinný počet svorníkov:

$$n_{ef} = \min \left\{ n, n^{0,9^4} \sqrt{\frac{a_1}{13d}} \right\}$$

$$n_{ef} = 12,2 \text{ [-]}$$

Návrhová únosnosť = 15 svorníkov – 2 strih

$$F_{v,Rd} = n_{ef} \frac{k_{mod} \cdot F_{v,Rk}}{\gamma_M} = 12,2 \cdot 2 \cdot \frac{0,7 \cdot 21,34}{1,25} = 292,87 \text{ [kN]}$$

**Posúdenie MSÚ:**

$$N_{Ed} \leq F_{v,Rd}$$

$$273,0 \text{ [kN]} < 292,9 \text{ [kN]} \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

- **Odtlačenie oceľového plechu**

- medza únosnosti:  $f_u = 510 \text{ [MPa]}$

- hrúbka plechu:  $t = 8 \text{ [mm]}$

- priemer spoj. prostriedku:  $d = 14 \text{ [mm]}$

$$e_l = 40 \text{ [mm]} \qquad e_2 = 50 \text{ [mm]}$$

$$p_l = 80 \text{ [mm]} \qquad p_2 = 60 \text{ [mm]}$$

Výpočet odtlačujúcej sily:  $F_{v,Ed} = F/n = 292,9/15 = 22,8 \text{ [kN]}$

$$k_1 = \min \left\{ 2,5, 2,8 \frac{e_2}{d_0} - 1,7 \right\} = 2,5 \text{ [-]}$$

$$\alpha_b = \min \left\{ \begin{array}{l} 1,0 \\ \frac{f_{ub}}{f_u} \\ 2,5 \frac{e_1}{3d_0} \\ \frac{p_1}{3d_0} \end{array} \right\} = 0,89$$

Únosnosť otláčeni ocelového plechu :

$$F_{b,Rd} = \frac{k_1 \times \alpha_b \times f_u \times d \times t}{\gamma_{M2}} = 101,6 \text{ [kN]}$$

**Posúdenie:**

$$F_{b,Rd} \geq F_{v,Ed}$$

$$101,6 \text{ [kN]} \geq 22,8 \text{ [kN]} \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

**Porušenie blokovým šmykom**

- oslabená plocha prenášajúca ťahovú silu:

$$A_{nt} = 390,0 \text{ [mm}^2\text{]}$$

- oslabená plocha prenášajúca šmykovú silu:

$$A_{nv} = 1050,0 \text{ [mm}^2\text{]}$$

Porušenie blokovým šmykom sa vypočíta ako:

$$V_{eff,Rd} = \frac{0,5 \cdot f_{u,b} \cdot A_{nt}}{\gamma_{M2}} + \frac{1}{\sqrt{3}} \cdot \frac{f_{y,b} \cdot A_{nv}}{\gamma_{M0}}$$

$$V_{eff,Rd} = 294,8 \text{ [kN]}$$

kde:	$A_{nt}$	je	oslabená plocha prenášajúca ťahovú silu
	$A_{nv}$		je oslabená plocha prenášajúca šmykovú silu
	$f_{u,b}$		medza pevnosti ocelej dosky
	$f_{y,b}$		medza klzu ocelej dosky

Podmienka posúdenia na blokový šmyk:

$$V_{eff,Rd} \geq V_{Ed}$$

$$294,8 \text{ [kN]} \geq 273,0 \text{ [kN]}$$

$\rightarrow$  **Vyhovuje**



$$F_{v,Rk} = \min \left\{ \begin{array}{l} f_{h,k} \cdot t_1 \cdot d_{ef} = 44,87 \text{ [kN]} \\ \left[ f_{h,k} \cdot t_1 \cdot d_{ef} \left[ 2 + \frac{4M_{y,Rk}}{f_{h,k} \cdot t_1^2 \cdot d_{ef}} - 1 \right] + \frac{F_{ax,Rk}}{4} \right] = 21,34 \text{ [kN]} \\ 2,3 \sqrt{M_{y,Rk} \cdot f_{h,k} \cdot d_{ef}} + \frac{F_{ax,Rk}}{4} = 21,75 \text{ [kN]} \end{array} \right\}$$

$$F_{v,Rk} = 21,34 \text{ [kN]}$$

Účinný počet svorníkov:

$$n_{ef} = \min \left\{ n, n^{0,9^4 \sqrt{\frac{a_1}{13d}}} \right\}$$

$$n_{ef} = 4,4 \text{ [-]}$$

Návrhová únosnosť = 6 svorníkov – 2 strih

$$F_{v,Rd} = n_{ef} \frac{k_{mod} \cdot F_{v,Rk}}{\gamma_M} = 4,4 \cdot 2 \cdot \frac{0,7 \cdot 21,34}{1,25} = 104,6 \text{ [kN]}$$

**Posúdenie MSÚ:**

$$N_{Ed} \leq F_{v,Rd}$$

$$68,1 \text{ [kN]} < 104,6 \text{ [kN]} \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

**Posúdenie MSÚ:**

Únosnosť oceľového plechu v ťahu :

$$\text{- oslabená plocha : } A_{osl} = 8 \cdot 220 - 2 \cdot (15 \cdot 8) = 1520 \text{ [mm}^2\text{]}$$

$$\text{Ťahová únosnosť: } N_{t,Rd} = A_{osl} \cdot f_y / \gamma_{M0} = 539,6 \text{ [kN]}$$

$$N_{Ed} \leq N_{t,Rd}$$

$$68,1 \text{ [kN]} < 539,6 \text{ [kN]} \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

• **Odtlačenie oceľového plechu**

$$\text{- medza únosnosti: } f_u = 510 \text{ [MPa]}$$

$$\text{- hrúbka plechu: } t = 8 \text{ [mm]}$$

$$\text{- priemer spoj. prostriedku: } d = 14 \text{ [mm]}$$

$$e_1 = 40 \text{ [mm]} \qquad e_2 = 50 \text{ [mm]}$$

$$p_1 = 80 \text{ [mm]} \qquad p_2 = 120 \text{ [mm]}$$

$$\text{Výpočet odtlačujúcej sily: } F_{v,Ed} = F/n = 68,1 / 6 = 11,7 \text{ [kN]}$$

$$k_1 = \min \left\{ 2,8 \frac{e_2}{d_0} - 1,7 = 2,5 [-] \right.$$

$$\alpha_b = \min \left\{ \begin{array}{l} 1,0 \\ \frac{f_{ub}}{f_u} \\ 2,5 \\ \frac{e_1}{3d_0} \\ \frac{p_1}{3d_0} \end{array} \right. = 0,89$$

Únosnosť otláčení ocelového plechu :

$$F_{b,Rd} = \frac{k_1 \times \alpha_b \times f_u \times d \times t}{\gamma_{M2}} = 101,6 \text{ [kN]}$$

**Posúdenie:**

$$F_{b,Rd} \geq F_{v,Ed}$$

$$101,6 \text{ [kN]} \geq 11,7 \text{ [kN]} \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

- **Porušenie blokovým šmykom**

- oslabená plocha prenášajúca ťahovú silu:

$$A_{nt} = 260 \text{ [mm}^2\text{]}$$

- oslabená plocha prenášajúca šmykovú silu:

$$A_{nv} = 1180 \text{ [mm}^2\text{]}$$

Porušenie blokovým šmykom sa vypočíta ako:

$$V_{eff,Rd} = \frac{0,5 \cdot f_{u,b} \cdot A_{nt}}{\gamma_{M2}} + \frac{1}{\sqrt{3}} \cdot \frac{f_{y,b} \cdot A_{nv}}{\gamma_{M0}}$$

$$V_{eff,Rd} = 294,9 \text{ [kN]}$$

kde:  $A_{nt}$  je oslabená plocha prenášajúca ťahovú silu  
 $A_{nv}$  je oslabená plocha prenášajúca šmykovú silu  
 $f_{u,b}$  medza pevnosti ocelej dosky  
 $f_{y,b}$  medza klzu ocelej dosky

Podmienka posúdenia na blokový šmyk:

$$V_{eff,Rd} \geq V_{Ed}$$

$$294,9 \text{ [kN]} \geq 68,1 \text{ [kN]}$$

$\rightarrow$  **Vyhovuje**



$$F_{v,Rk} = \min \left\{ \begin{array}{l} f_{h,k} \cdot t_1 \cdot d_{ef} = 30,76 \text{ [kN]} \\ \left[ f_{h,k} \cdot t_1 \cdot d_{ef} \left[ 2 + \frac{4M_{y,Rk}}{f_{h,k} \cdot t_1^2 \cdot d_{ef}} - 1 \right] \right] + \frac{F_{ax,Rk}}{4} = 16,82 \text{ [kN]} \\ 2,3 \sqrt{M_{y,Rk} \cdot f_{h,k} \cdot d_{ef}} + \frac{F_{ax,Rk}}{4} = 22,15 \text{ [kN]} \end{array} \right\}$$

$$F_{v,Rk} = 16,82 \text{ [kN]}$$

Účinný počet svorníkov: 
$$n_{ef} = \min \left\{ n, n^{0,9^4 \sqrt{\frac{a_1}{13d}}} \right\}$$

$$n_{ef} = 9,4 \text{ [-]}$$

Návrhová únosnosť = 12 svorníkov – 2 strih

$$F_{v,Rd} = n_{ef} \frac{k_{mod} \cdot F_{v,Rk}}{\gamma_M} = 9,4 \cdot 2 \cdot \frac{0,7 \cdot 16,82}{1,25} = 147,2 \text{ [kN]}$$

**Posúdenie MSÚ:**

$$N_{Ed} \leq F_{v,Rd}$$

$$142,9 \text{ [kN]} < 147,2 \text{ [kN]} \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

**Posúdenie MSÚ:**

Únosnosť oceleového plechu v ťahu :

$$\text{- oslabená plocha : } A_{osl} = 8 \cdot 260 - 3 \cdot (15 \cdot 8) = 1720 \text{ [mm}^2\text{]}$$

$$\text{Ťahová únosnosť: } N_{t,Rd} = A_{osl} \cdot f_y / \gamma_{M0} = 610,6 \text{ [kN]}$$

$$N_{Ed} \leq N_{t,Rd}$$

$$142,9 \text{ [kN]} < 610,6 \text{ [kN]} \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

• **Odtlačenie oceleového plechu**

$$\text{- medza únosnosti: } f_u = 510 \text{ [MPa]}$$

$$\text{- hrúbka plechu: } t = 8 \text{ [mm]}$$

$$\text{- priemer spoj. prostriedku: } d = 14 \text{ [mm]}$$

$$e_1 = 60 \text{ [mm]} \qquad e_2 = 50 \text{ [mm]}$$

$$p_1 = 80 \text{ [mm]} \qquad p_2 = 80 \text{ [mm]}$$

$$\text{Výpočet odtlačujúcej sily: } F_{v,Ed} = F/n = 142,9/12 = 12,27 \text{ [kN]}$$

$$k_1 = \min \left\{ 2,8 \frac{e_2}{d_0} - 1,7 = 2,5 \text{ [-]} \right.$$

$$\alpha_b = \min \left\{ \begin{array}{l} 1,0 \\ \frac{f_{ub}}{f_u} \\ 2,5 \frac{e_1}{3d_0} \\ \frac{p_1}{3d_0} \end{array} \right\} = 1,0 [-]$$

Únosnosť otláčení ocelového plechu :

$$F_{b,Rd} = \frac{k_1 \times \alpha_b \times f_u \times d \times t}{\gamma_{M2}} = 114,2 \text{ [kN]}$$

**Posúdenie:**

$$F_{b,Rd} \geq F_{v,Ed}$$

$$114,2 \text{ [kN]} \geq 12,3 \text{ [kN]} \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

• **Porušenie blokovým šmykom**

- oslabená plocha prenášajúca ťahovú silu:

$$A_{nt} = 420 \text{ [mm}^2\text{]}$$

- oslabená plocha prenášajúca šmykovú silu:

$$A_{nv} = 860 \text{ [mm}^2\text{]}$$

Porušenie blokovým šmykom sa vypočíta ako:

$$V_{eff,Rd} = \frac{0,5 \cdot f_{u,b} \cdot A_{nt}}{\gamma_{M2}} + \frac{1}{\sqrt{3}} \cdot \frac{f_{y,b} \cdot A_{nv}}{\gamma_{M0}}$$

$$V_{eff,Rd} = 262,0 \text{ [kN]}$$

kde:  $A_{nt}$  je oslabená plocha prenášajúca ťahovú silu  
 $A_{nv}$  je oslabená plocha prenášajúca šmykovú silu  
 $f_{u,b}$  medza pevnosti ocelej dosky  
 $f_{y,b}$  medza klzu ocelej dosky

Podmienka posúdenia na blokový šmyk:

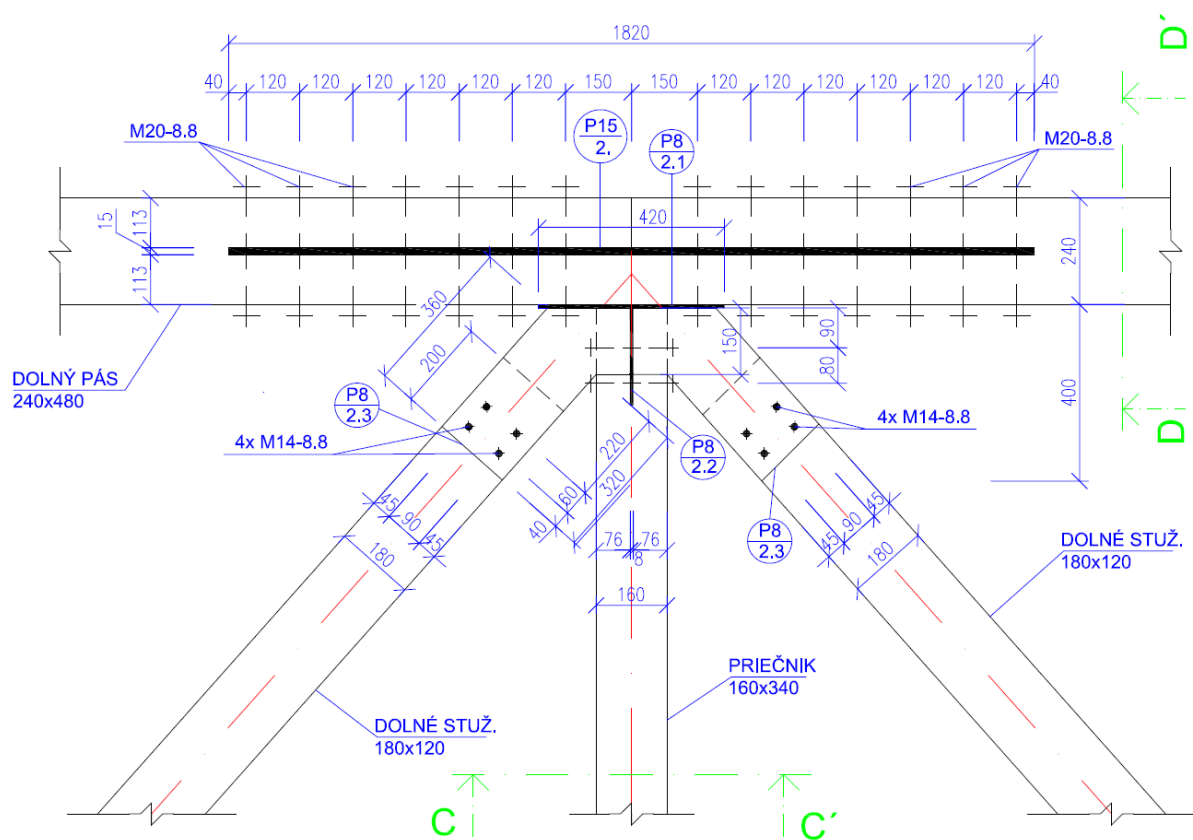
$$V_{eff,Rd} \geq V_{Ed}$$

$$262,0 \text{ [kN]} \geq 147,2 \text{ [kN]}$$

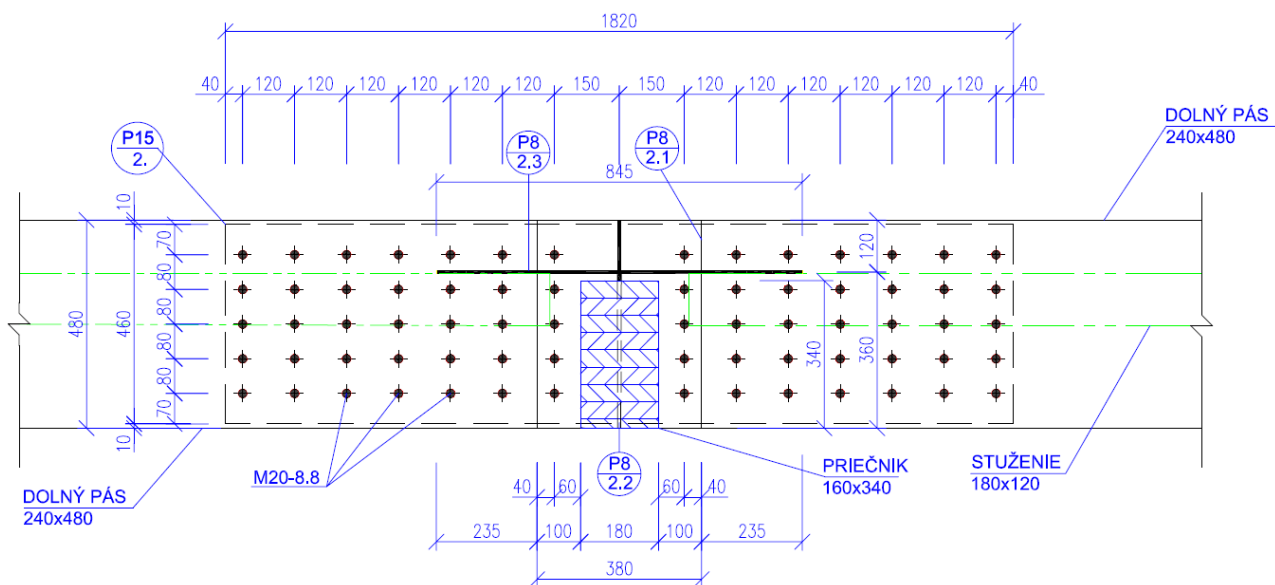
$\rightarrow$  **Vyhovuje**



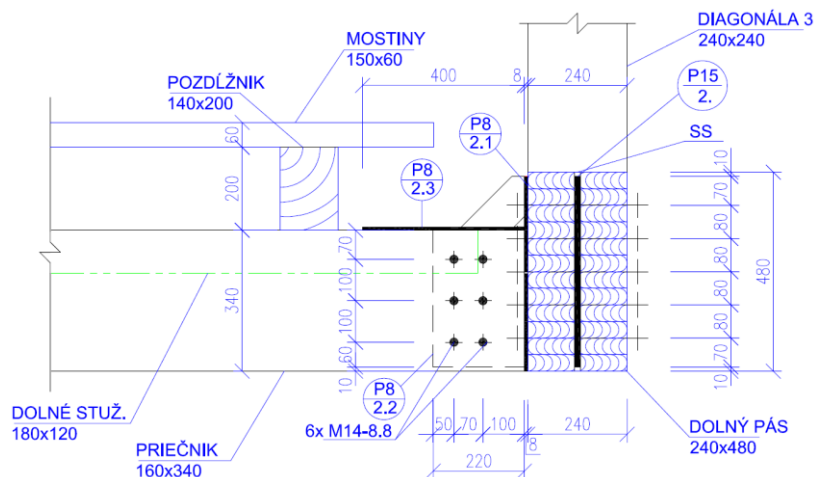
### 6.5.2 Detail 2 : Montážny spoj DP, spoj priečník



Obr. 40: Detail 2 - Montážny spoj DP, spoj priečník



*Obr. 41: Detail 2 - Rez C-C'*



Obr. 42: Detail 2 - Rez D-D'

### 1) Dorný pás

Návrh: svorník: **35× M20-8.8 + 35× matica s podložkou**

Vlastnosti: **M20 - 8.8** - priemer:  $d = 20$  [mm]

(trieda prevádzky 3) - účinný priemer :  $d_{ef} = 20$  [mm]

- charakteristická pevnosť v ťahu  $f_{u,k} = 800$  [MPa]

Oceľový plech: **P15 - 2.** S355  $t = 15$  [mm]

Minimálne rozteče svorníku v dreve pre uhol medzi silou a smerom vlákien  $\alpha = 0^\circ$ :

$$a_{1,skut} = 120 \text{ [mm]} \geq a_{1,min} = (4 + |\cos \alpha|)d = 5d = 100 \text{ [mm]}$$

→ **Vyhovuje**

$$a_{2,skut} = 80 \text{ [mm]} \geq a_{2,min} = 4d = 80 \text{ [mm]}$$

→ **Vyhovuje**

$$a_{3,t,skut} = 150 \text{ [mm]} \geq a_{4,c,min} = 7d = 140 \text{ [mm]}$$

→ **Vyhovuje**

$$a_{4,c,skut} = 80 \text{ [mm]} \geq a_{4,c,min} = 3d = 60 \text{ [mm]}$$

→ **Vyhovuje**

Vnútročné sily:

Spoj je dimenzovaný na maximálnu normálovú silu:  $N_{Ed} = 803,9$  [kN]

**Spoj:** vlisovaná oceľová doska: **dvojstrižný spoj a oceľ-drevo (hrubá doska)**

→ oceľová doska ľubovoľnej hrúbky ako stredný prvok dvojstrižného spoja

Charakteristická pevnosť v otláčení dreva:

$$f_{h,0,k} = 0,082 (1 - 0,01 \cdot d_{ef} \cdot 10^{-3}) \rho_k = 26,97 \text{ [MPa]}$$

Plastický moment únosnosti:

$$M_{y,Rk} = 0,3 \cdot f_{u,k} \cdot d_{ef}^{2,6} = 579\,281 \text{ [Nmm]}$$

Charakteristická únosnosť jedného spojovacieho prostriedku pre jeden strih,  $F_{v,Rk}$ :

(Únosnosť na osové vytrhnutie  $F_{ax,Rk} = 0 \text{ [kN]}$ , hrúbka krajného dreveného prvku  $t_l = 116 \text{ [mm]}$ ).

$$F_{v,R2} = \min \left\{ \begin{array}{l} [0,4 \cdot f_{h,k} \cdot t_1 \cdot d_{ef}] = 30,93 \text{ [kN]} \\ 1,15 \sqrt{2M_{y,Rk} \cdot f_{h,k} \cdot d_{ef}} + \frac{F_{ax,Rk}}{4} = 57,42 \text{ [kN]} \end{array} \right.$$

$$F_{v,Rk} = 30,93 \text{ [kN]}$$

Účinný počet svorníkov:

$$n_{ef} = \min \left\{ n, n^{0,9^4 \sqrt{\frac{a_1}{13d}}} \right.$$

$$n_{ef} = 23,8 \text{ [-]}$$

Návrhová únosnosť = 35 svorníkov – 2 strih

$$F_{v,Rd} = n_{ef} \frac{k_{mod} \cdot F_{v,Rk}}{\gamma_M} = 23,8 \cdot 2 \cdot \frac{0,7 \cdot 30,93}{1,25} = 822,7 \text{ [kN]}$$

**Posúdenie MSÚ:**

$$N_{Ed} \leq F_{v,Rd}$$

$$803,9 \text{ [kN]} < 822,7 \text{ [kN]} \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

**Posúdenie MSÚ:**

Únosnosť ocelového plechu v ťahu :

$$\text{- oslabená plocha : } A_{osl} = 15 \cdot 460 - 5 \cdot (21 \cdot 15) = 5325 \text{ [mm}^2\text{]}$$

$$\text{Ťahová únosnosť: } N_{t,Rd} = A_{osl} \cdot f_y / \gamma_{M0} = 1\,890 \text{ [kN]}$$

$$N_{Ed} \leq N_{t,Rd}$$

$$803,9 \text{ [kN]} < 1890 \text{ [kN]} \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

- **Odtlačenie ocelového plechu**

$$\text{- medza únosnosti: } f_u = 510 \text{ [MPa]}$$

$$\text{- hrúbka plechu: } t = 15 \text{ [mm]}$$

$$\text{- priemer spoj. prostriedku: } d = 20 \text{ [mm]}$$

$$e_1 = 40 \text{ [mm]} \qquad e_2 = 70 \text{ [mm]}$$

$$p_1 = 120 \text{ [mm]} \qquad p_2 = 80 \text{ [mm]}$$

Výpočet odtlačujúcej sily:  $F_{v,Ed} = F/n = 805/35 = 23,0 \text{ [kN]}$

$$k_1 = \min \left\{ 2,8 \frac{e_2}{d_0} - 1,7 = 2,5 \text{ [-]} \right.$$

$$\alpha_b = \min \left\{ \begin{array}{l} 1,0 \\ \frac{f_{ub}}{f_u} \\ 2,5 \frac{e_1}{3d_0} \\ \frac{p_1}{3d_0} \end{array} \right. = 0,63 \text{ [-]}$$

Únosnosť otláčením ocelového plechu :

$$F_{b,Rd} = \frac{k_1 \times \alpha_b \times f_u \times d \times t}{\gamma_{M2}} = 194,3 \text{ [kN]}$$

**Posúdenie:**

$$F_{b,Rd} \geq F_{v,Ed}$$

$$194,3 \text{ [kN]} \geq 23,0 \text{ [kN]} \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

• **Porušenie blokovým šmykom**

- oslabená plocha prenášajúca ťahovú silu:

$$A_{nt} = 2092,5 \text{ [mm}^2\text{]}$$

- oslabená plocha prenášajúca šmykovú silu:

$$A_{nv} = 1777,5 \text{ [mm}^2\text{]}$$

Porušenie blokovým šmykom sa vypočíta ako:

$$V_{eff,Rd} = \frac{0,5 \cdot f_{u,b} \cdot A_{nt}}{\gamma_{M2}} + \frac{1}{\sqrt{3}} \cdot \frac{f_{y,b} \cdot A_{nv}}{\gamma_{M0}}$$

$$V_{eff,Rd} = 807,9 \text{ [kN]}$$

kde:  $A_{nt}$  je oslabená plocha prenášajúca ťahovú silu  
 $A_{nv}$  je oslabená plocha prenášajúca šmykovú silu  
 $f_{u,b}$  medza pevnosti ocelovej dosky  
 $f_{y,b}$  medza klzu ocelovej dosky

Podmienka posúdenia na blokový šmyk:

$$V_{eff,Rd} \geq V_{Ed}$$

$$807,9 \text{ [kN]} \geq 804,0 \text{ [kN]} \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

## **2) Priečník - P8 -2.1 – čelná doska**

**Návrh:** svorník: 10× M20-8.8 + 10× matica s podložkou

Vlastnosti: **M20 - 8.8**      - priemer:       $d = 20 \text{ [mm]}$

(trieda prevádzky 3) - účinný priemer :  $d_{ef} = 20$  [mm]

- charakteristická pevnosť v ťahu  $f_{u,k} = 800$  [MPa]

$$\rho_k = 410 \text{ [kg/m}^3\text{]}$$

Oceľový plech: **P8-2.1** S355  $t = 8$  [mm]

Minimálne rozteče svorníku v dreve pre uhol medzi silou a smerom vlákien  $\alpha = 0^\circ$ :

$$a_{1,skut} = 120 \text{ [mm]} \geq a_{1,min} = (4 + |\cos \alpha|)d = 4d = 80 \text{ [mm]}$$

→ **Vyhovuje**

$$a_{2,skut} = 80 \text{ [mm]} \geq a_{2,min} = 4d = 80 \text{ [mm]}$$

→ **Vyhovuje**

$$a_{4,t,skut} = 80 \text{ [mm]} \geq a_{4,c,min} = 3d = 60 \text{ [mm]}$$

→ **Vyhovuje**

$$a_{3,c,skut} = 150 \text{ [mm]} \geq a_{4,c,min} = 4d = 80 \text{ [mm]}$$

→ **Vyhovuje**

Vnútorne sily:

Spoj je dimenzovaný na maximálnu posúvajúcu silu:  $V_{Ed} = 38,5$  [kN]

**Spoj:** čelná oceľová doska: **jednostrížný spoj a oceľ-drevo ( tenká doska)**

→ oceľová doska ľubovoľnej hrúbky ako stredný prvok dvojstrižného spoja

Charakteristická pevnost' v otláčení dřeva:

$$f_{h,0,k} = 0,082 (1 - 0,01 \cdot d_{ef} \cdot 10^{-3}) \rho_k = 26,9 \text{ [MPa]}$$

$\alpha = 90^\circ$

$$k_{90} = 1,35 + 0,015 d = 1,560 [-]$$

$$f_{h,\alpha,k} = f_{h,0,k} / (k_{90} \cdot \sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha) = 16,3 \text{ [MPa]}$$

Plastický moment únosnosti:

$$M_{y,Rk} = 0,3 \cdot f_{u,k} \cdot d_{ef}^{2,6} = 579\,281 \text{ [Nmm]}$$

Charakteristická únosnosť jedného spojovacieho prostriedku pre jeden strih,  $F_{y,RK}$ :

(Únosnosť na osové vytrhnutie  $F_{ax,Rk} = 0$  [kN], hrúbka krajného dreveného prvku  $t_l = 112$  [mm]).

$$F_{v,Rl} = \min \left\{ \left[ f_{h,k} \cdot t_1 \cdot d_{ef} \left[ 2 + \frac{4M_{y,Rk}}{f_{h,k} \cdot t_1^2 \cdot d_{ef}} - 1 \right] \right] + \frac{F_{ax,Rk}}{4} = 24,10 \text{ [kN]} \right. \\ \left. 2,3 \sqrt{M_{y,Rk} \cdot f_{h,k} \cdot d_{ef}} + \frac{F_{ax,Rk}}{4} = 28,71 \text{ [kN]} \right.$$

$$F_{v,Rk} = 24,10 \text{ [kN]}$$

Účinný počet svorníkov:

$$n_{ef} = \min \left\{ n^{0,9^4 \sqrt{\frac{a_1}{13d}}} \right.$$

$$n_{ef} = 7,4 \text{ [-]}$$

Návrhová únosnosť = 10 svorníkov – 2 strih

$$F_{v,Rd} = n_{ef} \frac{k_{mod} \cdot F_{v,Rk}}{\gamma_M} = 7,4 \cdot 2 \cdot \frac{0,7 \cdot 24,1}{1,25} = 135,0 \text{ [kN]}$$

**Posúdenie MSÚ:**

$$N_{Ed} \leq F_{v,Rd}$$

$$38,5 \text{ [kN]} < 135,0 \text{ [kN]} \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

- **Odtlačenie oceľového plechu**

- medza únosnosti:  $f_u = 510$  [MPa]

- hrúbka plechu:  $t = 8$  [mm]

- priemer spoj. prostriedku:  $d = 20$  [mm]

$$e_1 = 60 \text{ [mm]} \qquad e_2 = 70 \text{ [mm]}$$

$$p_1 = 150 \text{ [mm]} \qquad p_2 = 120 \text{ [mm]}$$

Výpočet odtlačujúcej sily:  $F_{v,Ed} = F/n = 39/5 = 7,8$  [kN]

$$k_1 = \min \left\{ 2,8 \frac{e_2}{d_0} - 1,7 = 2,5 \text{ [-]} \right.$$

$$\alpha_b = \min \left\{ \begin{array}{l} 1,0 \\ \frac{f_{ub}}{f_u} \\ 2,5 \frac{e_1}{3d_0} \\ \frac{p_1}{3d_0} \end{array} \right. = 0,95 \text{ [-]}$$

Únosnosť otláčení ocelového plechu :

$$F_{b,Rd} = \frac{k_1 \times \alpha_b \times f_u \times d \times t}{\gamma_{M2}} = 155,4 \text{ [kN]}$$

**Posúdenie:**

$$F_{b,Rd} \geq F_{v,Ed}$$

$$155,4 \text{ [kN]} \geq 7,8 \text{ [kN]} \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

- **Porušenie blokovým šmykom**

- oslabená plocha prenášajúca ťahovú silu:

$$A_{nt} = 476 \text{ [mm}^2\text{]}$$

- oslabená plocha prenášajúca šmykovú silu:

$$A_{nv} = 2468 \text{ [mm}^2\text{]}$$

Porušenie blokovým šmykom sa vypočíta ako:

$$V_{eff,Rd} = \frac{0,5 \cdot f_{u,b} \cdot A_{nt}}{\gamma_{M2}} + \frac{1}{\sqrt{3}} \cdot \frac{f_{y,b} \cdot A_{nv}}{\gamma_{M0}}$$

$$V_{eff,Rd} = 602,9 \text{ [kN]}$$

kde:	$A_{nt}$	je	oslabená plocha prenášajúca ťahovú silu
	$A_{nv}$		je oslabená plocha prenášajúca šmykovú silu
	$f_{u,b}$		medza pevnosti ocelej dosky
	$f_{y,b}$		medza klzu ocelej dosky

Podmienka posúdenia na blokový šmyk:

$$V_{eff,Rd} \geq V_{Ed}$$

$$602,9 \text{ [kN]} \geq 38,5 \text{ [kN]}$$

$\rightarrow$  **Vyhovuje**

### 3) Priečník - P8 -2.2

**Návrh:** **svorník:** **6× M14-8.8 + 6× matica s podložkou**

Vlastnosti: **M14 - 8.8** - priemer:  $d = 14$  [mm]  
(trieda prevádzky 3) - účinný priemer:  $d_{ef} = 14$  [mm]  
- charakteristická pevnosť v ťahu  $f_{u,k} = 800$  [MPa]  
 $\rho_k = 410$  [kg/m<sup>3</sup>]

Oceľový plech: **P8-2.2** S355  $t = 8$  [mm]

Minimálne rozteče svorníku v dreve pre uhol medzi silou a smerom vlákien  $\alpha = 0^\circ$ :

$$a_{1,skut} = 70 \text{ [mm]} \geq a_{1,min} = (4 + |\cos \alpha|)d = 4d = 56 \text{ [mm]}$$

→ **Vyhovuje**

$$a_{2,skut} = 100 \text{ [mm]} \geq a_{2,min} = 4d = 56 \text{ [mm]}$$

→ **Vyhovuje**

$$a_{4,t,skut} = 70 \text{ [mm]} \geq a_{4,c,min} = 3d = 42 \text{ [mm]}$$

→ **Vyhovuje**

$$a_{3,c,skut} = 100 \text{ [mm]} \geq a_{4,c,min} = 4d = 56 \text{ [mm]}$$

→ **Vyhovuje**

Vnútorne sily:

Spoj je dimenzovaný na maximálnu posúvajúcu silu:  $V_{Ed} = 38,5$  [kN]

**Spoj:** vlisovaná oceľová doska: **dvojstrižný spoj a oceľ-drevo**

→ oceľová doska ľubovoľnej hrúbky ako stredný prvok dvojstrižného spoja

Charakteristická pevnosť v otláčení dreva:

$$f_{h,0,k} = 0,082 (1 - 0,01 \cdot d_{ef} \cdot 10^{-3}) \rho_k = 28,91 \text{ [MPa]}$$

$$\alpha = 90^\circ$$

$$k_{90} = 1,35 + 0,015 d = 1,560 \text{ [-]}$$

$$f_{h,\alpha,k} = f_{h,0,k} / (k_{90} \cdot \sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha) = 18,53 \text{ [MPa]}$$

Plastický moment únosnosti:

$$M_{y,Rk} = 0,3 \cdot f_{u,k} \cdot d_{ef}^{2,6} = 229 \text{ 163 [Nmm]}$$

Charakteristická únosnosť jedného spojovacieho prostriedku pre jeden strih,  $F_{v,Rk}$ :



(Únosnosť na osové vytrhnutie  $F_{ax,Rk} = 0$  [kN], hrúbka krajného dreveného prvku  $t_l = 86$  [mm]).

$$F_{v,Rk} = \min \left\{ \begin{array}{l} f_{h,k} \cdot t_1 \cdot d_{ef} = 22,06 \text{ [kN]} \\ \left[ f_{h,k} \cdot t_1 \cdot d_{ef} \left[ 2 + \frac{4M_{y,Rk}}{f_{h,k} \cdot t_1^2 \cdot d_{ef}} - 1 \right] \right] + \frac{F_{ax,Rk}}{4} = 12,74 \text{ [kN]} \\ 2,3 \sqrt{M_{y,Rk} \cdot f_{h,k} \cdot d_{ef}} + \frac{F_{ax,Rk}}{4} = 17,74 \text{ [kN]} \end{array} \right\}$$

$$F_{v,Rk} = 12,74 \text{ [kN]}$$

Účinný počet svorníkov:

$$n_{ef} = \min \left\{ n, \sqrt[0,9]{\frac{a_1}{13d}} \right\}$$

$$n_{ef} = 5,4 [-]$$

Návrhová únosnosť = 6 svorníkov – 2 strih

$$F_{v,Rd} = n_{ef} \frac{k_{mod} \cdot F_{v,Rk}}{\gamma_M} = 5,4 \cdot 2 \cdot \frac{0,7 \cdot 12,74}{1,25} = 77,1 \text{ [kN]}$$

**Posúdenie MSÚ:**

$$N_{Ed} \leq F_{v,Rd}$$

$$38,5 \text{ [kN]} < 77,1 \text{ [kN]} \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

- **Odtlačenie oceľového plechu**

- medza únosnosti:  $f_u = 510$  [MPa]

- hrúbka plechu:  $t = 8$  [mm]

- priemer spoj. prostriedku:  $d = 14$  [mm]

$$e_1 = 60 \text{ [mm]}$$

$$e_2 = 100 \text{ [mm]}$$

$$p_1 = 100 \text{ [mm]}$$

$$p_2 = 70 \text{ [mm]}$$

Výpočet odtlačujúcej sily:  $F_{v,Ed} = F/n = 39/6 = 6,4$  [kN]

$$k_1 = \min \left\{ 2,5, 2,8 \frac{e_2}{d_0} - 1,7 \right\} = 2,5 [-]$$

$$\alpha_b = \min \left\{ \begin{array}{l} 1,0 \\ \frac{f_{ub}}{f_u} \\ 2,5 \frac{e_1}{3d_0} \\ \frac{p_1}{3d_0} \end{array} \right\} = 0,86 [-]$$

Únosnosť otláčeni ocelového plechu :

$$F_{b,Rd} = \frac{k_1 \times \alpha_b \times f_u \times d \times t}{\gamma_{M2}} = 140,5 \text{ [kN]}$$

**Posúdenie:**

$$F_{b,Rd} \geq F_{v,Ed}$$

$$140,5 \text{ [kN]} \geq 6,4 \text{ [kN]} \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

• **Porušenie blokovým šmykom**

- oslabená plocha prenášajúca ťahovú silu:

$$A_{nt} = 396 \text{ [mm}^2\text{]}$$

- oslabená plocha prenášajúca šmykovú silu:

$$A_{nv} = 708 \text{ [mm}^2\text{]}$$

Porušenie blokovým šmykom sa vypočíta ako:

$$V_{eff,Rd} = \frac{0,5 \cdot f_{u,b} \cdot A_{nt}}{\gamma_{M2}} + \frac{1}{\sqrt{3}} \cdot \frac{f_{y,b} \cdot A_{nv}}{\gamma_{M0}}$$

$$V_{eff,Rd} = 225,9 \text{ [kN]}$$

kde:	$A_{nt}$	je	oslabená plocha prenášajúca ťahovú silu
	$A_{nv}$		je oslabená plocha prenášajúca šmykovú silu
	$f_{u,b}$		medza pevnosti ocelej dosky
	$f_{y,b}$		medza klzu ocelej dosky

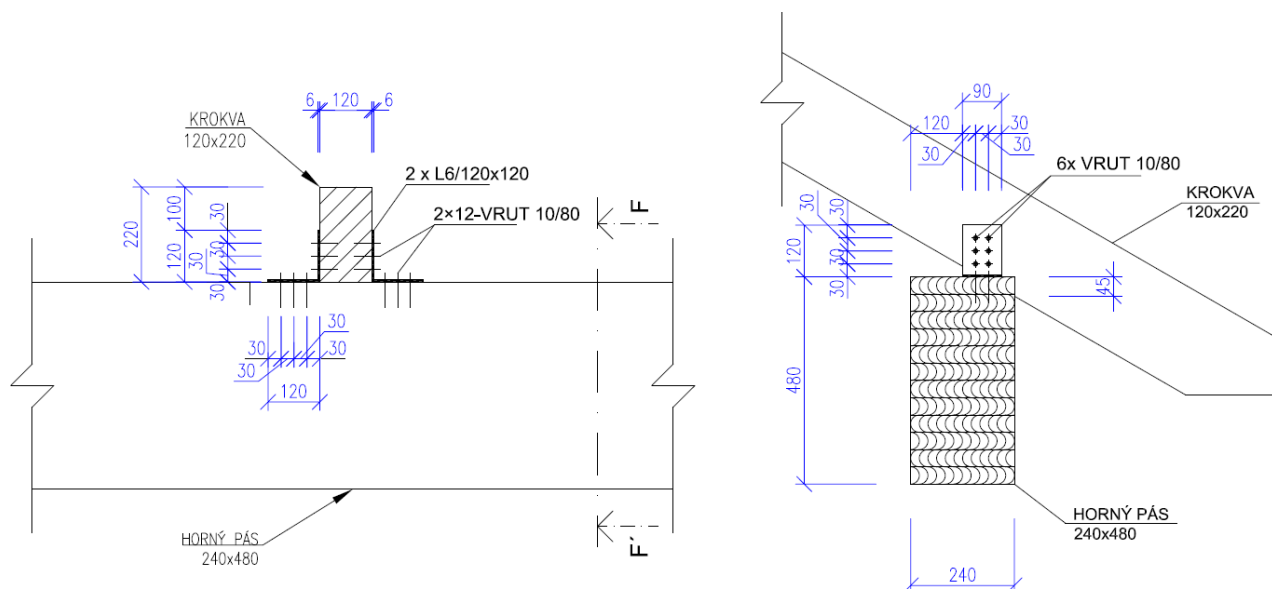
Podmienka posúdenia na blokový šmyk:

$$V_{eff,Rd} \geq V_{Ed}$$

$$225,9 \text{ [kN]} \geq 38,5 \text{ [kN]}$$

$\rightarrow$  **Vyhovuje**

Strešné krovky sú pripojené k hornému pás pomocou oceľových uholníkov a vrútov. Veľkosť osedlania krokvy je 45 mm.



Vnútné sily:                      maximálna normálová sila:                       $N_{Ed} = 18,57 \text{ [kN]}$

Účinná kontaktná plocha:  $A_{ef} = (30 + b + 30) \times h = 9200 \text{ [mm}^2\text{]}$

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N_{Ed,max}}{A_{ef}} = 2,02 \text{ [MPa]}$$
$$k_{c,90} = 1,25 [-]$$
$$\sigma_{c,0,d} \leq k_{c,90} \cdot f_{c,90,d}$$

$$2,02 \leq 1,25 \cdot 1,68$$

**$2,02 \leq 2,1 \rightarrow$  Vyhovuje**

**Návrh spoja:** **6× vrút: 10,0×80 mm;** **ocel'. plech: S235, hr. 6 mm**

- priemer:  $d = 6,4[\text{mm}]$
- účinný priemer:  $d_{ef} = 1,1 \cdot d = 7,04 [\text{mm}]$
- charakteristická pevnosť v ťahu:  $f_{u,k} = 400 [\text{MPa}]$

Minimálne rozteče vrútov pre uhol medzi silou a smerom vlákien:  $\alpha = 0^\circ$

$$a_1 = (4 + |\cos \alpha|)d = 30 [\text{mm}] \leq a_{1,skut} = 30 [\text{mm}]$$

$$a_{4,t} = \max [(2 + 2 \sin \alpha)d; 3d] = 19 [\text{mm}] \leq a_{4,t,skut} = 30 [\text{mm}]$$

$$a_2 = 4d = 26 [\text{mm}] \leq a_{2,skut} = 30 [\text{mm}]$$

Spoj je dimenzovaný na návrhovú normálovú vnútornú silu:  $N_{Ed} = 25 [\text{kN}]$

• **Spoj: jednostižný ocel'-drevo**

( $t = 6 [\text{mm}]$ ,  $d = 6,4 [\text{mm}] \rightarrow$  interpolácia medzi tenkou a hrubou doskou)

Charakteristická pevnosť v otláčení dreva:

$$f_{h,0,k} = 0,082 (1 - 0,01 \cdot d_{ef} \cdot 10^{-3}) \rho_k = 31,25 [\text{MPa}]$$

Plastický moment únosnosti:  $M_{y,Rk} = 0,3 \cdot f_{u,k} \cdot d_{ef}^{2,6} = 19\,181,0 [\text{Nmm}]$

Charakteristická únosnosť jedného spojovacieho prostriedku pre jeden strih,  $F_{v,Rk}$ :

(Únosnosť na osové vytrhnutie  $F_{ax,Rk} = 0 [\text{kN}]$ , hĺbka vniknutia  $t_l = 72\text{mm}$ )

$$\text{Tenká doska: } F_{v,Rk,1} = \min \left\{ \left[ f_{h,k} \cdot t_1 \cdot d_{ef} \left[ 2 + \frac{4M_{y,Rk}}{f_{h,k} \cdot t_1^2 \cdot d_{ef}} - 1 \right] \right] + \frac{F_{ax,Rk}}{4} = 6,94 [\text{kN}] \right. \\ \left. 2,3 \sqrt{M_{y,Rk} \cdot f_{h,k} \cdot d_{ef}} + \frac{F_{ax,Rk}}{4} = 4,92 [\text{kN}] \right.$$

$$F_{v,Rk,1} = 4,92 [\text{kN}]$$

$$\text{Hrubá doska: } F_{v,Rk,2} = \min \left\{ \begin{aligned} &[0,4 \cdot f_{h,k} \cdot t_1 \cdot d_{ef}] = 6,34 [\text{kN}] \\ &1,15 \sqrt{2M_{y,Rk} \cdot f_{h,k} \cdot d_{ef}} + \frac{F_{ax,Rk}}{4} = 3,65 [\text{kN}] \end{aligned} \right.$$

$$F_{v,Rk,2} = 3,65 [\text{kN}]$$

Únosnosť otláčení po interpolácii:  $F_{v,Rk} = 4,74 [\text{kN}]$

Návrhová únosnosť = 6 vrútov – 1 strih

$$F_{v,Rd} = n \frac{k_{mod} \cdot F_{v,Rk}}{\gamma_M} = 6 \frac{0,9 \cdot 4,74}{1,3} = 19,75 [\text{kN}]$$

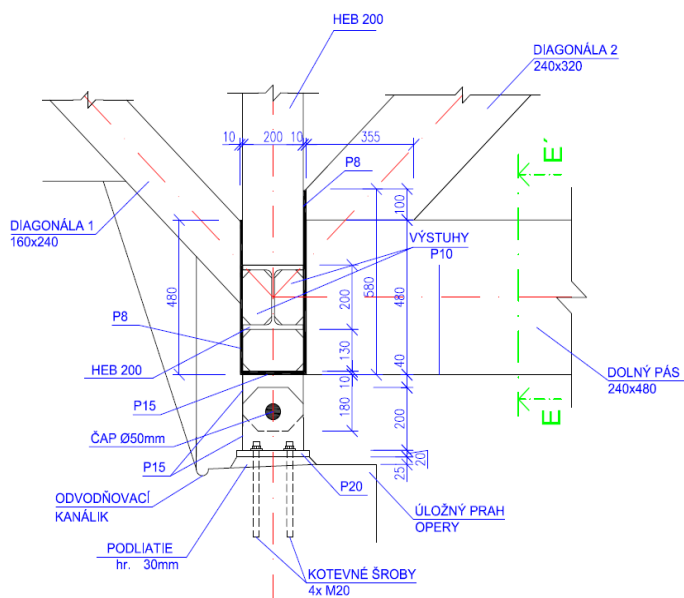
**MSÚ: pre 1 uholník:**

$$F_{Ed}/2 \leq F_{v,Rd}$$

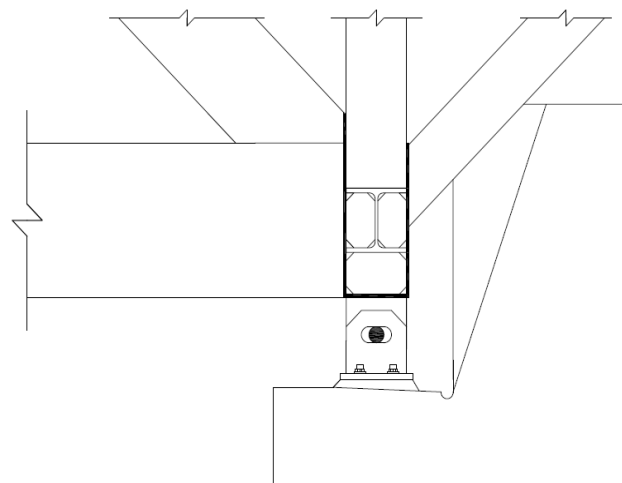
**9,28 [kN] < 19,75 [kN] → Vyhovuje**

## 6.6 Spôsob založenia lávky

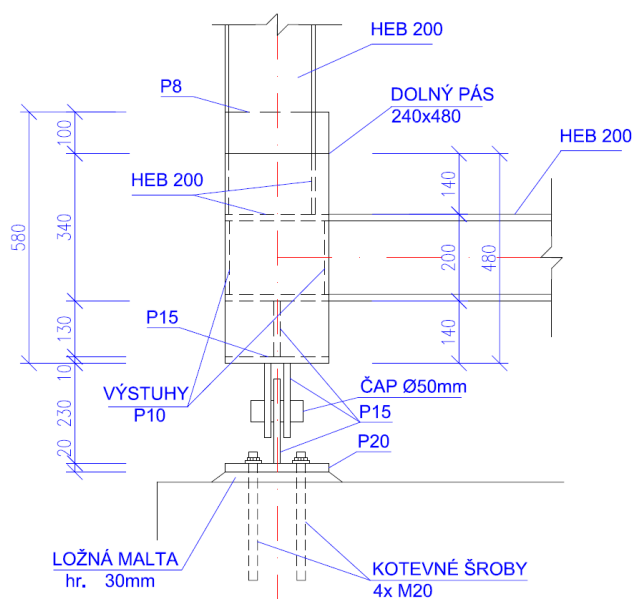
Drevená lávka je uložená na oceľových ložiskách, z ktorých sú tri jednosmerne posuvné a jedno pevné ložisko. Ložiská sa nachádzajú pod oceľovým portálom, ktorý pozostáva z valcovaného profilu HEB 200. Ložiská sú navrhnuté ako čapové spoje (Obr.38,Obr.39). Chýbajúcu vzdialenosť medzi portálom a ložiskom vyplnía sústava oceľových plechov a výstuh, aby bol zabezpečený roznos reakcií do opery. Výpočet čapového spoja bol zhotovený podľa normy ČSN EN 1993-1-8 [35].



*Obr. 44: Neposuvné ocel'ové ložisko (v l'avo)*



*Posuvné ocel'ové ložisko (v pravo)*



Obr. 45: Rez E-E'

- Reakcie: Čapový spoj je navrhnutý na maximálnu reakciu  $R_{Ed,z} = 381,0$  [kN]
- Posuny: Maximálny posun konštrukcie v pozdĺžnom smere  $u_x = 14$  [mm]

→ Návrh posunu:  $u = \pm 20$  [mm]

- Materiál

Spojovacie plechy a čapy – oceľ S355  $f_y = 355$  [MPa]

$f_u = 510$  [MPa]

Súčinitele spoľahlivosti :

$\gamma_{M0} = 1,0$  [-]

$\gamma_{M2} = 1,25$  [-]

Prierezové charakteristiky:

Priemer čap:  $d = 50$  [mm]

Hrúbka plechov:  $a = 15$  [mm]

$b = 15$  [mm]

Vôľta medzi plechmi:  $c = 5$  [mm]

Plocha čapu:  $A = 0,25 \times \pi \times d^2 = 1\,963,5$  [mm<sup>2</sup>]

Prierezový modul:  $W = 1/32 \times \pi \times d^3 = 12\,271,9$  [mm<sup>3</sup>]

Výpočet návrhových únosností

- Únosnosť čapu v strihu:

$$F_{v,Rd} = 0,6 \times A \times f_{up} / \gamma_{M2} = 480,67 \text{ [kN]}$$

- Únosnosť plechu a čapu v otláčení:

$$F_{b,Rd} = 1,5 \times t \times d \times f_{up} / \gamma_{M0} = 399,38 \text{ [kN]}$$

- Ohybový moment v čapu:

$$M_{Ed} = R_{Ed,z} / 8 \times (b + 4c + 2a) = 3,29 \text{ [kNm]}$$

- Únosnosť čapu v ohybu:

$$M_{Rd} = 1,5 \times W \times f_y / \gamma_{M0} = 6,54 \text{ [kNm]}$$

- Posúdenie MSÚ

1) Strih:  $R_{Ed,z} \leq F_{v,Rd}$

$$381,0 \leq 480,7 \text{ [kN]}$$

→ Vyhovuje

2) Otláčenie:  $R_{Ed,z} \leq F_{b,Rd}$

$$381,0 \leq 399,4 \text{ [kN]}$$

→ Vyhovuje

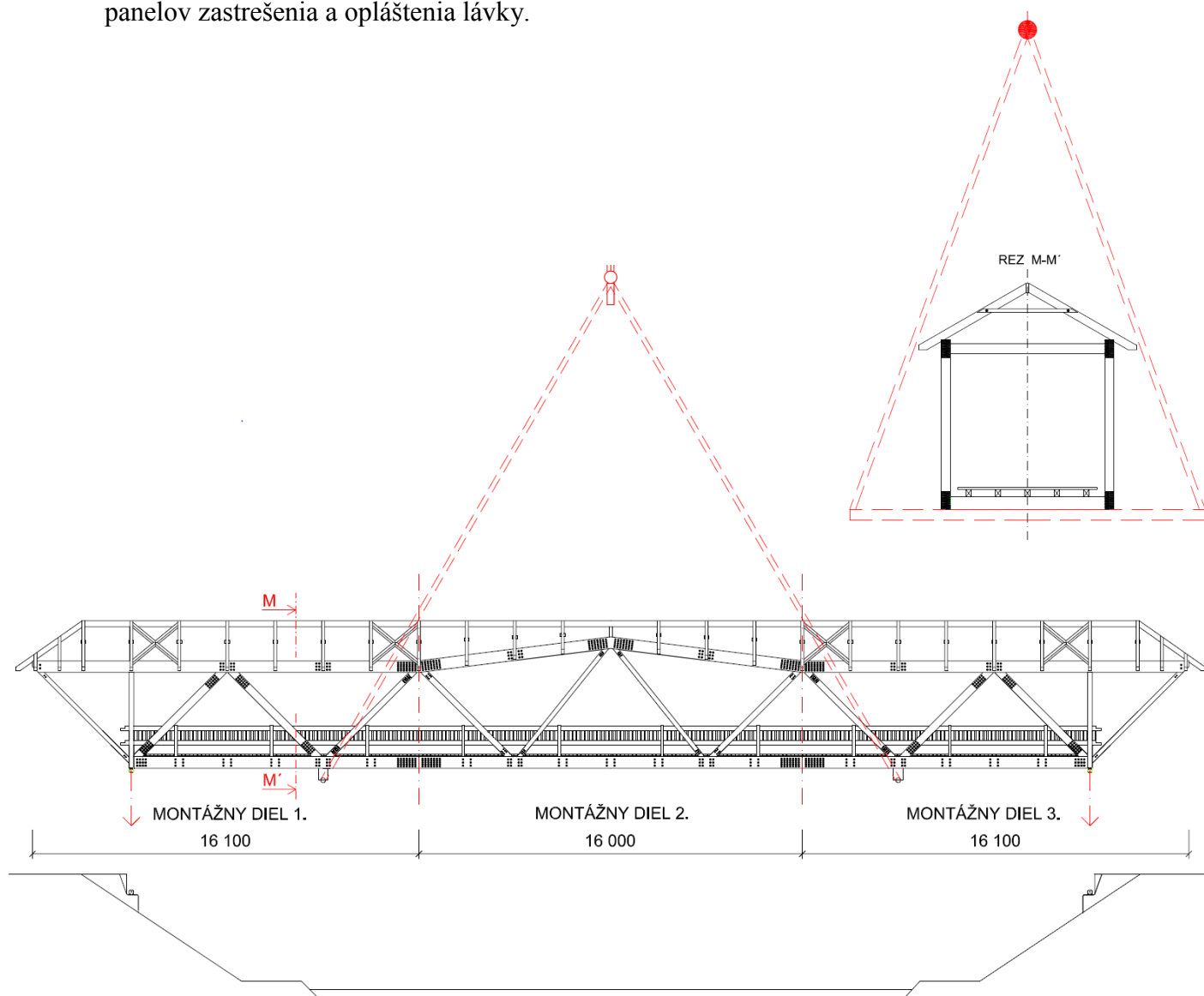
3) Únosnosť čapu pri kombinácii strihu a ohybu

$$\left( \frac{M_{Ed}}{M_{Rd}} \right)^2 + \left( \frac{R_{Ed,z}}{F_{v,Rd}} \right)^2 \leq 1$$

$$0,86 \leq 1 \quad \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

## 6.7 Montáž lávky

Navrhnutá drevená priehradová lávka je zložená z 3 montážnych dielov (Obr.40), kde diel č.1. a č.3. sú dĺžky 15 m a č.2. dĺžky 10m. Jednotlivé montážne diely sú prepravené špeciálnou kamiónovou dopravou na miesto urečenia, kde budú zmontované diely do celku pomocou montážnych spojov. Montážny spoj je zhotovený v styčníkoch u horného a dolného hlavného pásu lávky, ako dvojstrižný spoj, ktorý pozostáva z vnútorných, vlisovaných oceľových plechov a svorníkov. Konštrukcia strechy a mostovky je realizovaná po zmontovaní priehradových nosníkov. Po zmontovaní lávky nasleduje uloženie lávky na betónové opery pomocou automobilového žeriavu o nosnosti 30 t. Celková hmotnosť lávky je 25 t. Po osadení lávky nasleduje montáž mostin, dreveného zábradlia a sklených panelov zastrešenia a opláštenia lávky.



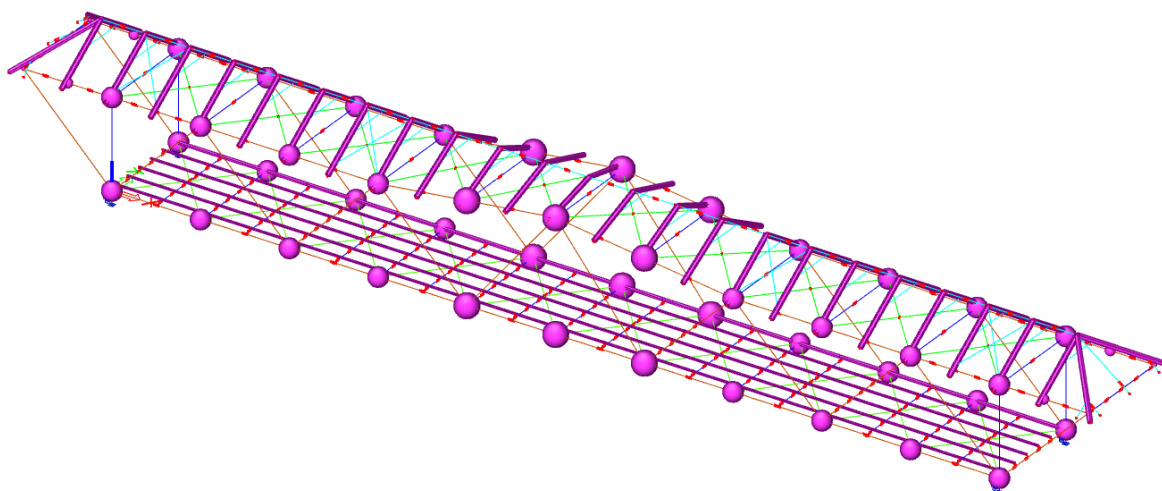
Obr. 46: Montáž drevenej lávky

## 6.8 Modálna analýza

U vybranej varianty je zhotovená modálna analýza, pre zistenie vlastných tvarov kmitania a vlastných frekvencií lávky. Podľa normy STN EN 1990 / A1 [30] sa kritériá pohody chodcov overujú vtedy, keď základná frekvencia  $f$  nosnej konštrukcie lávky je  $f < 5$  Hz pre zvislé kmitanie lávky a  $f < 2,5$  Hz pre vodorovné a krúživé kmitanie.

### 6.8.1 Vlastné frekvencie a vlastné tvary kmitania

Vlastná frekvencia lávky bola vypočítaná v programe Scia Engineer pre kombináciu sústredených hmôt vytvorených zo zaťažovacích stavov ZS1 (vlastná tiaž) a ZS2 (zaťaženie stále). Model lávky modálnej analýzy je uvedený na (Obr. 41), ktorý obsahoval zadané moduly posunutia v styčníkoch (tuhosti v otláčení dreva v prípoji), pre reálnejšie chovanie konštrukcie. Výsledkom analýzy je zistenie vlastnej frekvencie a to zvislé, vodorovné a krúživé, ktoré boli následne overené podľa normy STN EN 1990 / A1 [30].



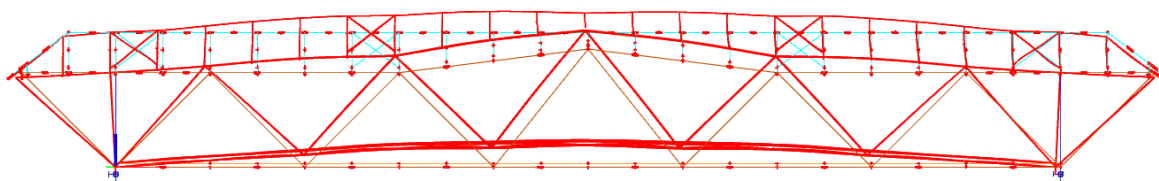
Obr. 47: Model lávky pre modálnu analýzu

Tab. Výsledky modálnej analýzy

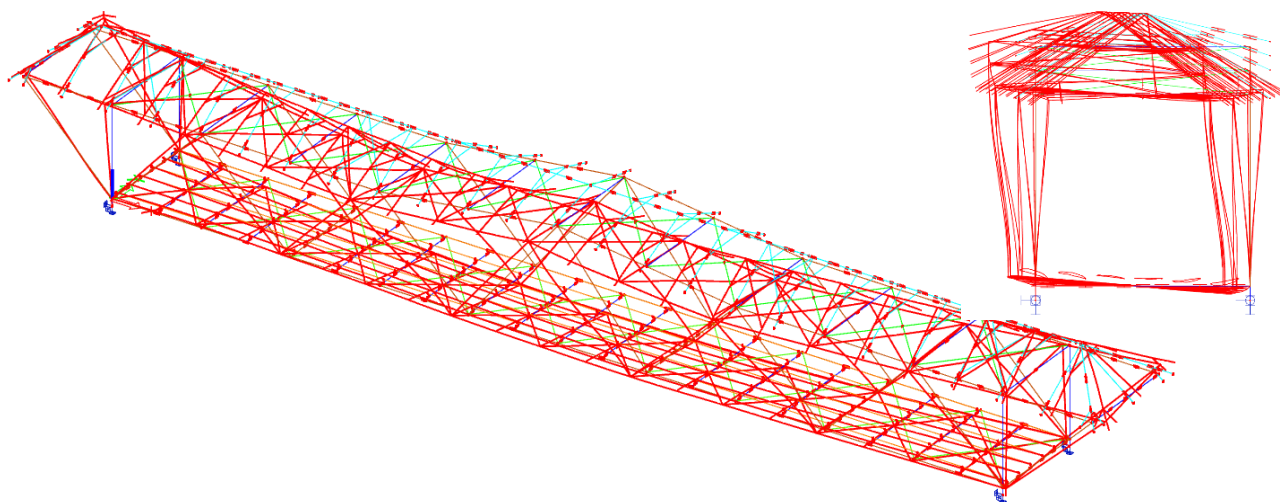
Druh kmitania	Frekvencia [Hz]		Minimálna frekvencia [Hz]	Posúdenie
Zvislé	5,18	>	5,0	→ Vyhovuje
Vodorovné	4,30	>	2,5	→ Vyhovuje
Krúživé	5,92	>	2,5	→ Vyhovuje



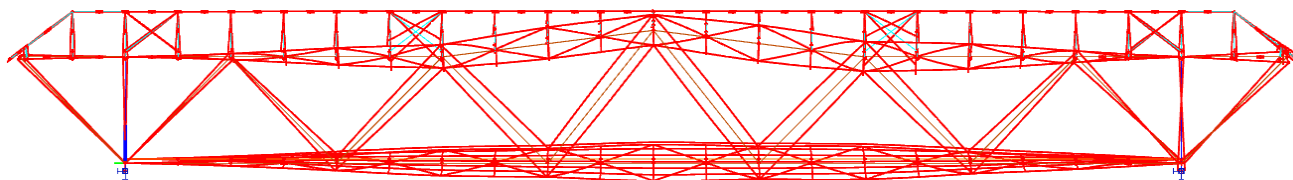
### Vlastné tvary kmitania:



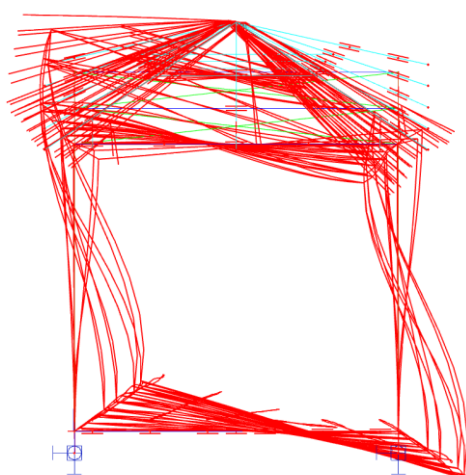
Obr. 48: Vlastný tvar zvislého kmitania pri frekvencii  $f=5,18$  [Hz]



Obr. 49: Vlastný tvar vodorovného kmitania pri frekvencii  $f=4,30$  [Hz]



Obr. 50: Vlastný tvar krúživého kmitania  
pri frekvencii  $f=5,92$  [Hz]

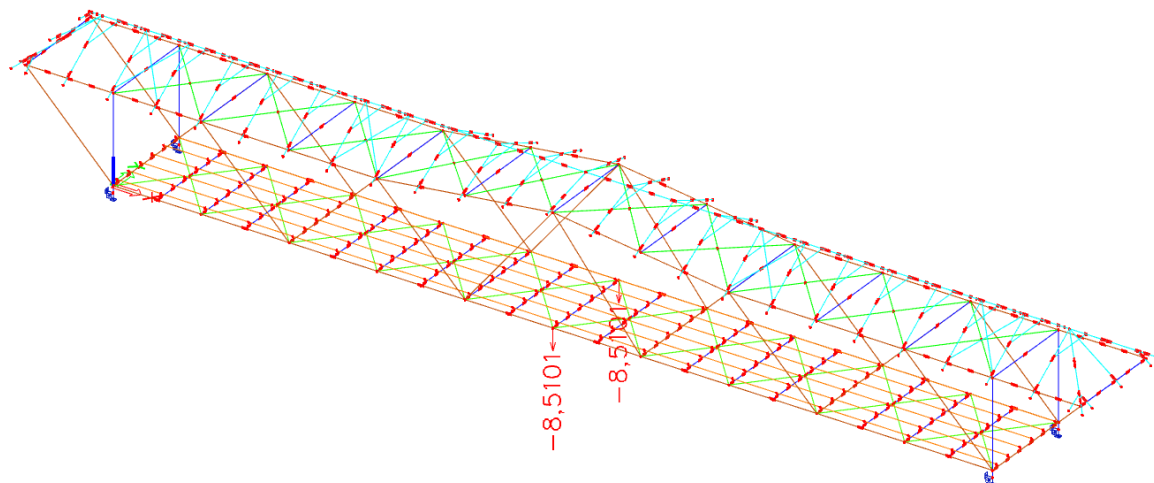


### Posudok:

Modálna analýza preukázala, že riešená konštrukcia splňuje podmienky minimálnych frekvencií podľa STN EN 1990/A1 [17], a preto nie je potrebné vykonávať ďalšie overovanie dynamického chovania konštrukcie.

### 6.8.2 Zjednodušená metóda

Pre zistenie zvislej frekvencie lávky je taktiež použitý zjednodušený výpočet. Konštrukcia lávky je zaťažená dvomi zvislými silami (Obr.37) o veľkosti 50 [kN], pre ktoré je zistená príslušná deformácia konštrukcie. Zo získaných hodnôt deformácií sa dopočíta tuhosť, z ktorej následne výpočtom zistíme vlastnú kruhovú frekvenciu riešenej lávky.



Obr. 51: Deformácie konštrukcie pri danom zatažení (100kN)

- Zaťažovacia sila:  $F = 100\,000 \text{ [N]}$
- Celková hmotnosť konštrukcie:  $m_k = 23\,000 \text{ [kg]}$
- Veľkosť kmitajúcej hmoty:  $m_c = m_k/2 = 11\,500 \text{ [kg]}$
- Hodnota deformácie:  $w = 0,0085101 \text{ [m]}$
- Výpočet tuhosti:

$$k = \frac{F}{w} = 11\,750\,743 \text{ [N/m]}$$

- Výpočet vlastnej kruhovej frekvencie:

$$\omega = \sqrt{\frac{k}{m}} = 31,97 \text{ [rad/s]}$$

- Vlastná frekvencia:

$$f = \frac{\omega}{2\pi} = 5,17 \text{ [Hz]}$$

#### Posudok:

Zistená frekvencia zjednodušeným výpočtom sa blíži k zistenému výsledku v programe Scia Engineer.

## 7. Záver

Cieľom diplomovej práce je prehľad historických a súčasných konštrukčných systémov drevených lávok. Ďalej návrh drevenej lávky pre rozpätie 40m. Sú zhotovené tri alternatívy drevených lávok, pri ktorých bol použitý oblúkový, zavesený a priehradový konštrukčný systém. Vytvorením výpočtových modelov jednotlivých alternatív v programe Scia Engineer [26], boli zistené vnútorné sily, deformácie, vlastné čísla a tvary. Vytvorený graf znázorňuje množstvo potrebného konštrukčného materiálu jednotlivých alternatív.

Vybranou alternatívou pre podrobnejší návrh je priehradová lávka bez zvislíc. Táto alternatíva je zvolená kvôli svojej priestorovej tuhosti, dynamického chovania a zastrešenia konštrukcie. Je zhotovená vybraná výkresová dokumentácia, návrh a posudok prvkov a vybraných spojov. Lávka je chránená sklenými tabulami z dvojitého skla. Sklené opláštenie lávky vytvára plne presvetlený priestor a zároveň chráni konštrukciu pred poveternostnými vplyvmi, čím razantne predĺžime životnosť konštrukcie. Drevená lávka pre svoje estetické vlastnosti by sa mohla stať dominantou v danej lokalite.

## 8. Zoznam použitej literatúry

- [1] Pons\_Sublicius. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2018-11-25]. Dostupné z: [https://cs.wikipedia.org/wiki/Pons\\_Sublicius](https://cs.wikipedia.org/wiki/Pons_Sublicius)
- [2] <http://atloa.org/wp-content/uploads/Caesars-Commentaries-Chapter-16.pdf>
- [3] Kapellbrücke. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2018-11-25]. Dostupné z: <https://en.wikipedia.org/wiki/Kapellbrücke>
- [4] Langlois\_Bridge\_at\_Arles. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2018-11-25]. Dostupné z: [https://en.wikipedia.org/wiki/Langlois\\_Bridge\\_at\\_Arles](https://en.wikipedia.org/wiki/Langlois_Bridge_at_Arles)
- [5] Matematický\_most. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2018-11-25]. Dostupné z: [https://cs.wikipedia.org/wiki/Matematický\\_most](https://cs.wikipedia.org/wiki/Matematický_most)
- [6] Kostel\_svatého\_Bartoloměje\_(Kočí). In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2018-11-25]. Dostupné z: [https://cs.wikipedia.org/wiki/Kostel\\_svatého\\_Bartoloměje\\_\(Kočí\)](https://cs.wikipedia.org/wiki/Kostel_svatého_Bartoloměje_(Kočí))
- [7] Holcomb-creek-wooden-train-trestle-still-standing. *Trainfanatics.com* [online]. [cit. 2018-11-25]. Dostupné z: <https://trainfanatics.com/holcomb-creek-wooden-train-trestle-still-standing/>
- [8] Most\_Kintai. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2018-11-25]. Dostupné z: [https://cs.wikipedia.org/wiki/Most\\_Kintai](https://cs.wikipedia.org/wiki/Most_Kintai)
- [9] Dřevěná lávka pro chodce a cyklisty u hradu Veveří. *Casopisstavebnictvi.cz* [online]. Praha: Informační centrum ČKAIT s.r.o, 2008 [cit. 2018-11-17]. Dostupné z: [https://www.casopisstavebnictvi.cz/drevena-lavka-pro-chodce-a-cyklisty-u-hradu-veveri\\_A1321\\_I22](https://www.casopisstavebnictvi.cz/drevena-lavka-pro-chodce-a-cyklisty-u-hradu-veveri_A1321_I22)
- [10] Pozoruhodné dřevěné konstrukce ze Severní Ameriky. *Stavba.tzb-info.cz*: Dřevostavby [online]. Praha: Topinfo, 2014 [cit. 2018-11-17]. Dostupné z: <https://stavba.tzb-info.cz/drevostavby/11740-pozoruhodne-drevene-konstrukce-ze-severni-ameriky>
- [11] Dřevěná lávka přes Studenou Vltavu. *Imaterialy.dumabyt.cz*: Zajímavá stavba [online]. Praha: Business Media, 2014 [cit. 2018-11-17]. Dostupné z:

- [https://imaterialy.dumabyt.cz/rubriky/zajimava-stavba/drevena-lavka-pres-studenou-vltavu\\_44456.html](https://imaterialy.dumabyt.cz/rubriky/zajimava-stavba/drevena-lavka-pres-studenou-vltavu_44456.html)
- [12] Visutá lávka přes Sázavu. Stavbaweb.dumabyt.cz: Novostavby [online]. Praha: Business Media, 2014 [cit. 2018-11-17]. Dostupné z: <https://stavbaweb.dumabyt.cz/visuta-lavka-pes-sazavu-15519/clanek.html>
- [13] Lavka-pre-pesich-pribor. *Linkprojekt.sk* [online]. [cit. 2018-11-25]. Dostupné z: <https://www.linkprojekt.sk/lavka-pre-pesich-pribor/>
- [14] Dřevěný most v turistické oblasti Hřčava. Silnice-zeleznice.cz: Mosty [online]. Ostrava: Media s.r.o, 2010 [cit. 2018-11-17]. Dostupné z: <http://www.silnice-zeleznice.cz/clanek/dreveny-most-v-turisticke-oblasti-hrcava/>
- [15] Vzpěradlo. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2018-11-25]. Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/wiki/Vzpěradlo>
- [16] Lardal-footbridge. *Https://structurae.net/* [online]. [cit. 2018-11-25]. Dostupné z: <https://structurae.net/structures/lardal-footbridge>
- [17] <http://www.bath.ac.uk/ace/uploads/StudentProjects/Bridgeconference2009/Papers/CULLING.pdf>
- [18] Zvedaci-lavka. *Https://www.archiweb.cz/* [online]. [cit. 2018-11-25]. Dostupné z: <https://www.archiweb.cz/b/zvedaci-lavka>
- [19] [http://www.utok.cz/sites/default/files/data/USERS/u24/2013\\_RaOP.pdf](http://www.utok.cz/sites/default/files/data/USERS/u24/2013_RaOP.pdf)
- [20] Beauty-of-wood-in-architecture. *Https://www.star2.com/* [online]. [cit. 2018-11-25]. Dostupné z: <https://www.star2.com/culture/design/2016/01/13/beauty-of-wood-in-architecture/>
- [21] <http://nvfnorden.org/lisalib/getfile.aspx?itemid=1467>
- [22] ČSN EN 1995-1-1. Eurokód 5: Navrhování dřevěných konstrukcí – Část 1-1: Obecná pravidla – Společná pravidla a pravidla pro pozemní stavby. Praha: Český normalizační institut, 2006
- [23] ČSN EN 1991-1-4. Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-4: Obecná zatížení – Zatížení větrem. Praha: Český normalizační institut, 2005.
- [24] FOJTÍK, Roman, Antonín LOKAJ a Jiří GABRIEL. Dřevěné mosty a lávky. Praha: pro Lesy České republiky, s.p., a Českou komoru autorizovaných inženýrů a techniků činných ve výstavbě (ČKAIT) vydalo Informační centrum ČKAIT, 2017. ISBN 978-80-88265-04-7.

- [25] Konstrukce ze dřeva z pohledu minulosti a současnosti. Stavebnictvi3000.cz: Stavební materiály [online]. Praha: Vega s.r.o, 2014 [cit. 2018-11-17]. Dostupné z: <http://www.stavebnictvi3000.cz/clanky/konstrukce-ze-dreva-z-pohledu-minulosti-a-soucasnosti/>
- [26] Scia Engineer 2013.1, studentská verze programu dostupná na adrese <http://www.sciaonline.com/cs/education.html>
- [27] Vyhláška č. 398/2009 Sb. O obecných technických požadavcích zabezpečující bezbariérové užívání staveb.
- [28] ČSN 73 6201. Projektování mostních objektů. Praha: Český normalizační institut, 2008.
- [29] ČSN EN 1991-2. Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 2: Zatížení mostů dopravou. Praha: Český normalizační institut, 2007.
- [30] ČSN EN 1990. Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí. Praha: Český normalizační institut, 2004.
- [31] ČSN EN 1993-1-1. Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí – Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby. Praha: Český normalizační institut, 2006
- [32] Blass, H. J. a kol.: Dřevěné konstrukce podle EUROKÓDU 5. STEP 1. Navrhování a konstrukční materiály: Vydal Koželouh, B. – KODR Zlín, 1998.
- [33] Blass, H. J. a kol.: Dřevěné konstrukce podle EUROKÓDU 5. STEP 2. Navrhování detailů a nosných systémů. Vydal Informační centrum ČKAIT, 2004.
- [34] <https://www.macalloy.com/products-and-services/tension-structures-tension-rods-stainless-cables-and-compression-struts>
- [35] ČSN EN 1993-1-8. Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí – Část 1-8: Navrhování styčníků. Praha: Český normalizační institut, 2006
- [36] PIRNER, Miloš a Ondřej FISCHER. Dynamika ve stavební praxi. Praha: ČKAIT, 2010.
- [37] Studničková, M. Kmitání lávek pro chodce. Stavební obzor. 2003, 12(4), 112-116.

#### **Použitý software :**

SCIA Engineer 18 (študentská verzia)  
 AutoCAD Architecture 2018 (študentská verzia)  
 Microsoft office 2016 (študentská verzia)

## 9. Zoznam obrázkov, tabuliek, grafov

### 9.1 Zoznam obrázkov

Obr. 1: Znázornenie starovekého mostu Pons Sublicius v Ríme [1].....	15
Obr. 2: Znázornenie konštrukcie Caesarova mostu cez rieku Rýn [2].....	15
Obr. 3: Drevený most Kapellbrücke v švajčiarskej Luzerne [3] .....	16
Obr. 4: Zdvíhací most u Arles v Provence, Francúzsko [4] .....	16
Obr. 5: Drevený most v ČR v obci Kočí [6].....	17
Obr. 6: Drevený Matematický most v Británii [5] .....	17
Obr. 7: Portage Bridge v Severnej Amerike [7] .....	18
Obr. 8: Drevený most Kintai v Japonsku [8].....	18
Obr. 9: Trámová lávka v okolí hradu Veverí v Brne [9] .....	19
Obr. 10: Drevená oblúčková priehradová lávka na Aljaške [10].....	20
Obr. 11: Oblúčková drevená lávka Čierny Kríž cez Studenou Vltavu [11].....	21
Obr. 12: Visutá drevená lávka Týnec nad Sázavou [12] .....	22
Obr. 13: Zavesená lávka v meste Příbor [13] .....	23
Obr. 14: Vešadlová lávka v obci Hřčava, Česká republika [14] .....	24
Obr. 18: Trojuholníkové (jednoduché) vzperadlo .....	25
Obr. 15: Kombinácia vzperadla a dvojitého vešadla .....	25
Obr. 16: Kombinácia vzperadla a vešadla .....	25
Obr. 17: Lichobežníkové (dvojité) vzperadlo .....	25
Obr. 19: Drevený vzperadlový most [15].....	25
Obr. 20: Vzpínadlová lávka Lardal v Nórsku [16].....	26
Obr. 21: Drevená lávka Essing v Nemecku [17] .....	27
Obr. 22: Zdvíhacia lávka v Mladá Boleslav [18] .....	28
Obr. 23: Zdvíhacia lávka v Mladá Boleslav v čase záplav [18].....	28
Obr. 24: -Drevený most so spriahnutou drevobetónovou mostovkou v Rakúsku [19].....	30
Obr. 25 Most cez Reno (Norsko,2006) [21].....	31
Obr. 26: Montáž mostu Reno (Norsko 2006) [21] .....	31
Obr. 27: Alternatíva 1: Oblúčková lávka .....	35
Obr. 28: Výpočetný model v programe Scia Engineer.....	36
Obr. 29: Globálna stráta stability pre vlastný tvar 3,9.....	60
Obr. 30: Alternatíva 2: Zavesená lávka .....	61
Obr. 31: Výpočtový model v programe Scia Engineer .....	62
Obr. 32: Globálna stráta stability pre vlastný tvar 2,5.....	83
Obr. 33 Model lávky v programe Scia Engineer18 .....	85
Obr. 34: Bočný pohľad - alternatíva 3 .....	86
Obr. 35: Výpočetný model v programe Scia Engineer.....	88
Obr. 36: Pôdorys veterných oblastí .....	93
Obr. 37: Detail 1 - Montážny spoj .....	141
Obr. 38: Detail 1 – Rez A-A' .....	141
Obr. 39: Detail 1 - Rez B-B' .....	142
Obr. 40: Detail 2 - Montážny spoj DP, spoj priečník .....	154
Obr. 41: Detail 2 - Rez C-C' .....	154
Obr. 42: Detail 2 - Rez D-D' .....	155
Obr. 43: Spoj - krokvy a horného hl. pásu .....	164
Obr. 44: Neposuvné oceľové ložisko (v ľavo)    Posuvné oceľové ložisko (v pravo).....	166

Obr. 45: Rez E-E' .....	166
Obr. 46: Montáž drevenej lávky .....	168
Obr. 47: Model lávky pre modálnu analýzu .....	169
Obr. 48: Vlatný tvar zvislého kmitania pri frekvencií $f=5,18$ [Hz] .....	170
Obr. 49: Vlastný tvar vodorovného kmitania pri frekvencií $f=4,30$ [Hz] .....	170
Obr. 50: Vlastný tvar krúživého kmitania .....	170
Obr. 51: Deformácie konštrukcie pri danom zatažení (100kN) .....	171

## 9.2 Zoznam tabuliek

Tab. 1.: Výpočet stálego zaťaženia
Tab. 2.: Zaťaženie chodcami - zvislé
Tab. 3.: Zaťaženie chodcami - vodorovné
Tab. 4.: Výpočet stálego zaťaženia
Tab. 5.: Zaťaženie chodcami - zvislé
Tab. 6.: Zaťaženie chodcami - vodorovné
Tab. 7.: Výpočet stálego zaťaženia
Tab. 8.: Zaťaženie chodcami - zvislé
Tab. 9.: Zaťaženie chodcami - vodorovné
Tab. 10.: Tvarový súčiniteľ $\mu_1$
Tab. 11.: Súčinitele vonkajšieho tlaku vetra $C_{pe,10}$
Tab. 12.: Plošné zaťaženie na strechu aj steny pre $C_{pi} = + 0,2$
Tab. 13.: Plošné zaťaženie na strechu aj steny pre $C_{pi} = - 0,3$
Tab. 14.: Výsledky modálnej analýzy

## 9.3 Zoznam grafov

Graf 1.: Množstvo konštrukčného materiálu

## 10. Zoznam príloh

Príloha č.1 – Mapa snehových a veterných oblastí

Príloha č.2 – CD nosič

Príloha č.3	Výkres č.01	pôdorysy, pohľad, rezy (1:50,1:100)
Príloha č.4	Výkres č.02	detail spoja 1,2 (1:10)
Príloha č.5	Výkres č.03	detail spoja 3,4 (1:10)



Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava

Fakulta stavební

Katedra stavební mechaniky

Statická analýza lepenej lamelovej konštrukcie krovu

Statical analysis of roof from glued laminated timber

PRÍLOHY

Študent:

Viktor Konštiak

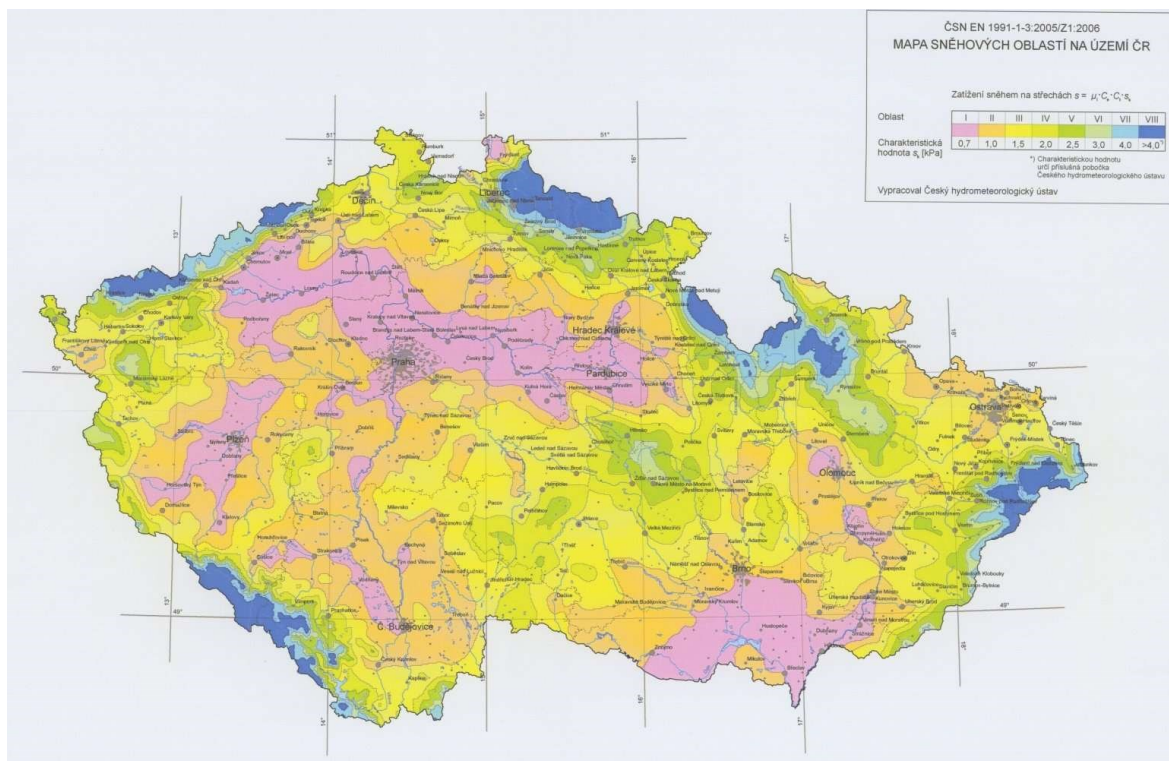
Vedúci bakalárskej práce:

doc. Ing. Jiří Brožovský, Ph.D.

Ostrava 2017

## Príloha č.1

- Mapa snehových oblastí na území ČR



- Mapa větrných oblastí na území ČR

